Phys. 741 sk Unger

<36623714320019 S

<36623714320019

Bayer. Staatsbibliothek

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

DER

PFLANZEN.

VON

DR F. UNGER,
PROFESSOR AN DER HOCHSCHULE IN WIEN.

Mit 139 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Pest, Wien und Leipzig, 1855.
Verlag von C. A. Hartleben.

51. D

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Dem hochwohlgebornen

Herrn

HUGO VON MOHL,

Doctor der Philosophie, Medizin und Chirurgie, Ritter des Ordens der würtembergischen Krone, ordentl. Professor der Botanik an der Universität zu Tübingen, auswärtigem Mitgliede des Institutes der Niederlande, Mitgliede der kais. Leop. Carol. Academie der Naturforscher, Correspondenten des Institutes von Frankreich, der Academie der Wissenschaften zu München, Wien u. s. w.

dem

Gründer der neueren Pflanzenanatomie,

seinem hochverehrten Freunde

gewidmet

vom

Verfasser.

Hier, lieber Freund! ist das erwartete Schiff, das mit deinem Namen geschmückt ins weite hoffnungsreiche, aber auch zugleich täuschende Meer hinausgestossen, seine Lebensfahrt beginnen soll. Möge ihm der Name Hugo von Mohl eben so zum freundlichen Willkommen dienen, als einem Schutzgeiste gleich es vor Ungemach bewahren!

Erlaube mir, ehe ich Dir das Buch übergebe, einige vorbereitende Worte an Dich und die Leser zu richten.

Ein Werk im Umfange wie das vorliegende hat mancherlei Aufgaben zu erfüllen, von denen eine einfache, klare Darstellung des Gegenstandes bei weitem nicht die alleinige ist. Schon die Grösse und Mannigfaltigkeit der Materie verlangt eine allseitige und gründliche Bekanntschaft mit der Wissenschaft. Man muss lange leben und seinen Fleiss nicht sparen, um sich dieselbe zu erwerben.

Aber eben so nothwendig als die Beherrschung des ganzen wissenschaftlichen Gebietes ist die ebenmässige Behandlung des Gegenstandes, wozu oft Neigung und der vorherrschende Character der Wissenschaft, so wie der Ton der Zeit nicht immer einladet und fähig macht. Man muss sich Mancherlei versagen können und das Talent besitzen, die zu fühlbaren Lücken, woran es niemals mangelt, so viel als möglich zu decken, wenn man seiner Arbeit den Stempel des Ebenmasses — einer angenehmen organischen Gliederung — aufdrücken will.

Endlich ist es bei Ausarbeitung eines Buches der Art, welches zugleich die Aufgabe hat, dem tiefer eindringenden Pflanzenforscher nicht blos ein täuschendes Spiegelbild der Wissenschaftlichkeit vorzuhalten, sondern ihn mit der Summe des bisherigen Erwerbs bekannt zu machen, unerlässlich, sich nicht blos in Negationen zu gefallen, sondern auch Positives zu geben. Wer wird

zweifeln, dass Kritik an alles Menschenwerk angelegt werden müsse. Sie aber in den Vordergrund zu stellen und die Polemik als Würze zu betrachten, zeigte wenig Vertrauen auf den Ernst der Leser, so wie auf den guten, gebildeten Geschmack derselben.

Wie weit ich hinter diesem »trinum perfectum«, diesen Erfordernissen eines jeden guten Buches, zurückgeblieben, werden Andere leichter als ich selbst wahrnehmen. An dem Bestreben, jenem Regulativ bei Ausarbeitung desselben zu folgen, hat es mir indess nicht gefehlt.

Eine nähere Bekanntschaft mit dem Buche wird zeigen, dass ich demselben meine vor neun Jahren erschienenen »Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen« zum Grunde legte, dieselben aber auf eine so durchgreifende Weise umstaltete und erweiterte, dass sie füglich in dem neuen Gewande auch einen neuen

Character angenommen und daher auf einen neuen Namen Anspruch haben.

Durch eine Reihe von Jahren war es mir, als Lehrer vor einem zahlreichen Hörerkreise, vergönnt, den ganzen Gedankengang wiederholt zu prüfen, fort und fort daran zu bessern, und alle Theile in Einklang zu bringen, so dass ich nunmehr glauben darf, ein nicht blos in seiner äusseren Form ansprechendes, sondern auch hinlänglich dauerhaft construirtes Werk zu Stande gebracht zu haben.

Eine neue Richtung der Forschung, glänzende Ideen, umstaltende Ansichten u. s. w. wird man jedoch hierin vergeblich suchen, wo es sich nur darum handelte, den richtigen Ausdruck eines grossen Gemeingutes, an dem so viele Geister ihre edelsten Gaben niederlegten, zu finden. Vorzüglich von dieser Seite wünschte ich das Buch angesehen und beurtheilt.

Um übrigens das Studium der Anatomie und Physiologie der Pflanzen für jeden auch nur mit mässigen Vorkenntnissen der Botanik Ausgerüsteten zu ermöglichen und um ihm hierin einen verlässlichen Führer zu geben, habe ich es weder an übersichtlicher Vollständigkeit bei prägnanter Kürze des Ausdruckes, noch an zweckdienlichen Erläuterungen fehlen lassen. In letzterer Beziehung werden die mit vieler Sorgfalt ausgearbeiteten, jedoch mit grosser Mässigung beigegebenen Illustrationen ihre Wirkung gewiss nicht verfehlen. —

Und so nimm denn, lieber Freund! dieses Buch als ein schwaches Zeichen der Huldigung, welche ich Dir im Namen der Wissenschaft bringe, freundlich auf. Lasse dem bescheidenen Schiffchen den Schmuck Deines Namens, den ja ohnehin jede Seite verkündet, gefallen. Mir aber lasse den Trost, dass ich es nicht vergeblich gezimmert, und dass ich dabei meine schönsten Tage des

Lebens nicht unfruchtbar vergeudet habe, denn was bliebe mir sonst übrig als — um das Gleichniss festzuhalten — in die elegischen Worte des grossen römischen Lyrikers, selbst anklagend, einzustimmen:

O navis, referent in mare te novi
Fluctus? O quid agis? fortiter occupa
Portum. — — —

— — —

Auf dem Rosenberge (1492) bei Grätz am Pfingsttage des Jahres 1855.

F. Unger.

Inhalt.

Seite

Einleitung. Ueber die Hilfsmittel des anatomisch-physiologischen Studiums 1

Zur Geschichte der Anatomie und Physiologie der Pflanzen 11

Erster Theil.

Anatomie der Pflanzen.

I. Hauptstück.

Von den Elementartheilen im Allgemeinen.

§. 1. Der Pflanzenkörper aus kleinen Theilchen zusammengesetzt . 51
§. 2. Elementartheile desselben 51
§. 3. Die Pflanzenzelle 52
§. 4. Complexe von Zellen 53
§. 5. Zellpflanzen, Gefässpflanzen 54

II. Hauptstück.

Die Lehre von der Zelle.

I. Abschnitt. Von der Form und Grösse der Zellen.

§. 6. Unterschiede der Zellen im Allgemeinen 55
§. 7. Unterschiede der Zellen im Besonderen 55
§. 8. Ungehemmte Zellbildungsformen 56
§. 9. Hemmungsbildungen 62
§. 10. Grundform der Zelle 63
§. 11. Polyëdrische Zellen 64
§. 12. Tafelförmige oder plattgedrückte Zellen 64
§. 13. Langgestreckte Zellen 65
§. 14. Grösse der Zellen 66
§. 15. Mikroskopische Kleinheit derselben 67

Seite

II. Abschnitt. Vom Baue und der Beschaffenheit der Zellwand.

§. 16. Veränderlichkeit der Structur der Zellwand 68
§. 17. Schichtung derselben 68
§. 18. Bezeichnung der verschiedenen Schichten 69
§. 19. Primäre Zellmembran 70
§. 20. Secundäre Zellmembran 71
§. 21. Einseitige Verdickung 72
§. 22. Getüpfelte Zelle, Netzfaser- und Spiralfaserzelle 72
§. 23. Feinere Organisation der Zellhaut 74
§. 24. Steifung 75
§. 25. Tertiäre Zellmembran 76
§. 26. Durchlöcherung der Zellhaut 78
§. 27. Fasernetz der Zellen 79
§. 28. Hüllmembran 80
§. 29. Primordialschlauch 80
§. 30. Schwärmzellen und Samenfäden 82
§. 31. Verhältniss der Hautschichten unter einander 85
§. 32. Physikalische Eigenschaften der Zellhaut 85
§. 33. Chemische Beschaffenheit 86
§. 34. Beschaffenheit des Primordialschlauches und der Hüllmembran 90
§. 35. Altersveränderungen 91
§. 36 und 37. Grösseveränderungen 91
§. 38. Formveränderungen 93
§. 39. Wachsthum 94
§. 40. Ausdehnung, Neubildung 94
§. 41. und 42. Verdickung 96
§. 43. Entwicklung der Spiralfaserzelle 99

III. Abschnitt. Vom Inhalte der Zellen.

§. 44. Mannigfaltigkeit des Inhaltes 100
§. 45. und 46. Flüssiger und fester Inhalt 101
§. 47. Zellsaft, Protoplasma 102
§. 48. Kernbläschen 103
§. 49. und 50. Chlorophyll 106
§. 51. Farbebläschen 109
§. 52. Stärkemehl 111
§. 53. Inulin 117
§. 54. Dextrin, Gummi, Zucker, Pflanzenschleim, Pflanzengallerte . 118
§. 55. Stickstofffreie und stickstoffhaltige indifferente und nicht indifferente Verbindungen (Säuren, Alkaloide) 120
§. 56. Pflanzenkrystalle 123
§. 57. Einfache Stoffe 125

Seite

IV. Abschnitt. Von der Entstehung und Fortpflanzung der Zellen.

§. 58. Primäre und secundäre Zellbildung 126
§. 59. Generatio homomorpha und heteromorpha 128
§. 60. Freie Zellbildung und Zellbildung durch Theilung 130
§. 61. Art der freien Zellbildung 131
§. 62. Wandständige Zellbildung, Zellbildung durch Einstülpung, Zellbildung durch Abschnürung 133

III. Hauptstück.

Die Lehre von den Zellcomplexen.

I. Abschnitt. Von den Zellfamilien.

§. 63. Die Pflanze eine Vielheit von Zellen 138
§. 64. Zellfamilie, Zellgewebe, Zellfusion 138
§. 65. Begriff der Zellfamilie oder Zellkolonie 138

II. Abschnitt. Von den Zellgeweben.

§. 66. Begriff des Zellgewebes 141
§. 67. Arten des Zellgewebes 142
§. 68. Unvollständiges Zellgewebe (Merenchyma) 143
§. 69. Vollständiges Zellgewebe (Parenchyma) 145
§. 70. Fasergewebe (Prosenchyma) 147
§. 71. Leimgewebe (Collenchyma) 148
§. 72. Filzgewebe (Tela contexta) 149
§. 73. Berührung und Isolirung der Zellen 150
§. 74. Zusammenstossen der Tüpfelgänge 151
§. 75. Bildung des Tüpfelhofes 152

III. Abschnitt. Von den Zellfusionen.

§. 76. Begriff der Zellfusion 153
§. 77. Die Formen der Zellfusionen 154
§. 78. Copulation der Zellen 156
§. 79. Milchsaftgefässe (Vasa lactea) 157
§. 80. Einfache, verzweigte und netzförmige Milchsaftgefässe . . . 158
§. 81. Verbreitung der Milchsaftgefässe 161
§. 82. Inhalt der Milchsaftgefässe 162
§. 83. Spiroiden oder Spiralgefässe (Vasa spiralia). 164
§. 84. Verschmelzung der Elemente der Spiralgefässe 165
§. 85. Formen der Spiralgefässe 167
§. 86. Ringgefässe 168
§. 87. Einfache Spiralgefässe 169
§. 88. Netzgefässe 171
§. 89. Treppengefässe oder Treppengänge. 172
§. 90. Getüpfelte oder poröse Gefässe 173

Seite

§. 91. Gestreift-getüpfelte Gefässe (Vasa taeniato-porosa) 175
§. 92. Gemischte Gefässe (Vasa mixta) 176
§. 93. Lang- und kurzgliederige Gefässe 176
§. 94. Inhalt der Spiroiden 177
§. 95. Die Intercellularsubstanz 178
§. 96. Der Zellcomplex als Ergebniss der Fortpflanzung der Zellen . 180
§. 97. Unterschied von Bildungs- und Dauerzellen 180

IV. Hauptstück.

Die Lehre von den Zellgruppen.

I. Abschnitt. Von den Epidermoidalbildungen.

§. 98. Begriff der Zellgruppe 181
§. 99. Formen der Zellgruppen. 182
§. 100. Die Oberhaut (Epidermis) 182
§. 101. Das Häutchen (Cuticula) 185
§. 102. Anhangstheile der Epidermis 186
§. 103. Spaltöffnung (Stoma). 188
§. 104. Wurzelhülle (Velamen radicum) 194

II. Abschnitt. Von den Lufträumen.

§. 105. Entstehung der Lufträume 196
§. 106. Intercellulargänge, Luftcanäle und Lufthöhlen 196
§. 107. Luftgänge und Luftlücken 200
§. 108. System der luftführenden Räume 202
§. 109. Verbreitung derselben 203

III. Abschnitt. Von den Saftbehältern.

§. 110. Begriff der Saftbehälter 204
§. 111. Saftbehälter, Saftgänge 204

IV. Abschnitt. Von den Drüsen.

§. 112. Begriff der Drüsen 209
§. 113. Einfache und zusammengesetzte, äussere und innere Drüsen . 209

V. Abschnitt. Von den Gefässbündeln.

§. 114. Begriff des Gefässbündels 215
§. 115. Zusammensetzung des Gefässbündels 216
§. 116. Cambium 217
§. 117. Theile des vollkommenen Gefässbündels 218
§. 118. Verschiedene Arten der Gefässbündel 220
§. 119. Vorkommen der Gefässbündel 221
§. 120. Entwicklungsfähigkeit der Gefässbündel 221

V. Hauptstück.

Die Lehre von den Systemen.

I. Abschnitt. Von den Gefässbündelsystemen.

§. 121. Begriff des Systemes 223

Seite

§. 122. Gefässbündelsystem 224
§. 123. Die Verschiedenheit des Pflanzenbaues im Gefässbündelsysteme 225
§. 124. Sprossende, geschlossene, nachwachsende Gefässbündel . . . 225
§. 125. Entwicklungsstufen des Gefässbündelsystems der Endsprosser. (Das Gefässbündelsystem der Isoëteen, Lycopodiaceen, Lepidodendreen, Equisetaceen, Farn, Stigmarieen und Sigillarieen, Haplocalameen) 226
§. 126. Gefässbündelsystem der Umsprosser 230
§. 127. Gefässbündelsystem der Endumsprosser nach den wesentlichsten Formen 233
§. 128. Wachsen des Stammes in der Cambiumschichte nach innen und aussen 236
§. 129. Continuirliches Vorwärtsschieben des Basttheiles 237
§. 130. Betheilung des Parenchyms beim Wachsen des Stammes . . 238
§. 131. Veränderungen des Rindenparenchyms, Bastschichte, Innenrinde, Rindenhaut, Kork, Borke 239
§. 132. Bau der absteigenden Achse 243
§. 133. Verhältniss der secundären Achsen zur primären Achse . . 244
§. 134. Gefässbündelsystem der appendiculären Organe 245

Zweiter Theil.

Physiologie der Pflanzen.

I. Hauptstück.

Die Pflanze als lebender Organismus.

§. 135. Begriff der Pflanzenphysiologie. Die Lebenserscheinungen im Zusammenhange mit der Lebenskraft 249
§. 136. Die Lebenskraft keine eigene von den bekannten physikalischen Kräften verschiedene Kraft 249
§. 137. Die Wirksamkeit der Lebenskraft als erzeugende, erhaltende und vermehrende Kraft 251
§. 138. Die Thätigkeitserscheinungen der Pflanzen in ihrer nothwendigen Verbindung mit einer organisirten Materie, deren Grundform die Zelle. Der Unterschied thierischer und pflanzlicher Organisation nur ausserwesentlich 253

II. Hauptstück.

Thätigkeitserscheinungen der Zelle.

§. 139. Entstehungsgeschichte der Zelle. Unterschied der Zellbildung von Krystallisation 255
§. 140. Die Zellmembran und der Zellinhalt in ihren wesentlichsten Functionen. Diasmose 258

Seite

§. 141. Bedingungen der Substanzzunahme in der Bestandform der Nahrungsmittel 263
§. 142. Zersetzung der aufgenommenen Verbindungen und Bildung der Assimilationsproducte. Wasser, Ammoniak und Kohlensäure als die wichtigsten Nahrungsmittel 264
§. 143. Entstehung von intermediären Stoffen (Säuren, Basen u. s. w.). Nothwendigkeit der Aufnahme alkalischer und erdiger Basen 269
§. 144. Unerlässlichkeit der Ausscheidungen (Excretionen) beim Assimilationsvorgange 270
§. 145. Vorgänge der Ernährung der Zellen 271
§. 146. Fortpflanzung der Zellen 271
§. 147. Bewegung des Zellsaftes 273
§. 148. Formen der Bewegung des Zellsaftes (Rotation und Circulation) 274
§. 149. Ursache der Saftbewegung in der Contractilität des Protoplasma. Uebereinstimmung mit ähnlichen Erscheinungen des thierischen Organismus 280
§. 150. Die Ursache der Bewegungen der Schwärmsporen und der Samenfäden nicht wesentlich von der Bewegung des Protoplasma verschieden 284
§. 151. Verschiedene Dauer des Zelllebens in den Fortpflanzungszellen und in den Dauerzellen 286

III. Hauptstück.

Thätigkeitserscheinungen der Pflanze als zusammengesetzter Organismus.

I. Abschnitt. Von der Aufnahme flüssiger Nahrung.

§. 152. Modification der Thätigkeitserscheinungen der Zelle in Verbindung mit andern Zellen. Einfluss auf den Ernährungs- und Fortpflanzungsprocess 288
§. 153. Die Gesetze der Zellfortpflanzung bei Bildung von Geweben 290
§. 154. Nothwendigkeit der Vertheilung der Functionen der Pflanze auf gewisse Partien der Gewebe 295
§. 155. Die allgemeine Vertheilung der Nahrungssubstanzen macht Ortsveränderungen der Pflanzen in der Regel überflüssig. . 296
§. 156. Die Pflanze bedarf ungefähr 20 verschiedener einfacher Stoffe, die sie nie als solche, sondern stets in Verbindungen aufnimmt. 296
§. 157. Die für die Pflanze wichtigsten Stoffe — Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff — werden nur in der Form von Wasser, Kohlensäure und Amoniak aufgenommen (Atmosphärische Nahrungsmittel, Liebig), die anorganischen Basen (mineralische Nahrungsmittel, Liebig) in Form löslicher Salze 299

Seite

§. 158. Das hauptsächlichste Aufnahmsorgan die Wurzel, Modificationen des Aufnahmsprocesses bei Luftwurzeln und den Wurzeln der Parasiten 303

§. 159. Aufsaugung der flüssigen Nahrung in Folge endosmotischer Thätigkeit der Wurzelzellen 308

§. 160. Die Endosmose der Wurzel durch die Verdünstung, Assimilation u. s. w. unterstützt 310

§. 161. Alle für die Endosmose geeigneten Stoffe werden ohne Unterschied von der Wurzel aufgenommen. Es findet kein Wahlvermögen Statt 310

§. 162. Die Wurzelausscheidung ist beschränkt und ohne wesentlichen Einfluss auf nebenstehende Pflanzen 313

II. Abschnitt. Vom Aufsteigen des Nahrungssaftes und von seiner Vertheilung.

§. 163. Auch das Aufsteigen des Nahrungssaftes geschieht durch Endosmose. Betheiligung der Gefässbündel 314

§. 164. Allgemeine nothwendige Richtung des Saftstromes 316

§. 165. Allmälige Assimilation des rohen Nahrungssaftes 318

§. 166. Periodicität und der Saftreichthum 319

§. 167. Einfluss der Organisation der Pflanze auf die Art und Weise der Saftführung 320

§. 168. Vorbereitung des Nahrungssaftes für Neubildungen. . . . 322

§. 169. Der Bildungssaft (Cambium) in seiner Verbreitung. . . . 323

§. 170. Einfluss der peripherischen Organe (Blätter) auf die Cambiumbildung 324

§. 171. Die Kraft, womit der Nahrungssaft im Stamme aufsteigt . 327

III. Abschnitt. Von der Assimilation des Nahrungssaftes.

§. 172. Die Veränderungen der rohen Nahrungssäfte im Conflicte mit der atmosphärischen Luft 329

§. 173. Die Verdünstung des Wassers (Transpiration) und ihre Gesetze in Bezug auf die oberflächlichen Pflanzentheile . . . 330

§. 174. Die Blätter nehmen keine Wasserdünste auf 336

§. 175. Aufnahme und Ausscheidung von Kohlensäure, Sauerstoff und Ammoniak durch die Blätter und die Bedingungen des dabei vor sich gehenden Stoffwechsels 336

§. 176. Die übrigen peripherischen Pflanzentheile in Wechselwirkung mit der atmosphärischen Luft 348

§. 177. Ergebnisse der Respiration auf die Assimilation. 349

IV. Abschnitt. Von den Secretionserscheinungen.

§. 178. Allgemeinheit der Se- und Excretionsstoffe und ihrer Abscheidungsorgane (Drüsen). 352

Seite

§. 179. Die Secretionsmaterien innerhalb der Zellen und in Räumen zwischen denselben 353
§. 180. Die wichtigsten durch eigene Organe secernirten Substanzen 355
§. 181. Luftsecretion. 356
§. 182. Ausscheidung tropfbar flüssigen Wassers 357
§. 183. Gummisecretion 359
§. 184. Ausscheidung von zuckerhaltigen Säften 362
§. 185. Ausscheidung flüchtiger Oele 363
§. 186. Harzsecretion . 365
§. 187. Ausscheidung schmieriger, wachsartiger Substanzen. 366
§. 188. Ausscheidung anorganischer Verbindungen. 368
§. 189. Die Milchsäfte als Secrete 370

V. Abschnitt. Von der Entstehung und Fortpflanzung der Gewächse.

§. 190. Die Vermehrung des Pflanzenindividuums beruhend auf Fortpflanzung. 371
§. 191. Stufenverschiedenheit der Fortpflanzung 372
§. 192. Die vier allgemeinsten Formen der Fortpflanzung 373
§. 193. Fortpflanzung durch Theilung 373
§. 194. Fortpflanzung durch Knospung 374
§. 195. Fortpflanzung durch Copulation 379
§. 196. Fortpflanzung durch Eizellenbildung 380
§. 197. Die Befruchtung in der Einwirkung zweierlei Zellen auf einander bestehend 387
§. 198. Uebertragung der Eigenschaft des Mutterorganismus auf den Tochterorganismus. Kreuzung 391
§. 199. Die Abartung im Leben der Art begründet 394
§. 200. Die verschiedenen Fortpflanzungsweisen im gegenseitigen Verhältniss . 396

VI. Abschnitt. Von der Wärme- und Lichtentwicklung.

§. 201. Nothwendigkeit der Eigenwärme der Pflanzen 396
§. 202. Veränderliches Maass der Eigenwärme nach der Beschaffenheit der Pflanzensubstanz und nach der Umgebung der Pflanze . 397
§. 203. Geringes Maass der Eigenwärme. Periodicität derselben . . 399
§. 204. Grosse Wärmeentwicklung während dem Blühen 402
§. 205. Lichterscheinungen an lebenden und leblosen Pflanzentheilen 404

VII. Abschnitt. Von den Bewegungserscheinungen.

§. 206. Allgemeinheit der Bewegungserscheinungen 406
§. 207. Bewegungen einzelliger Pflanzen 407
§. 208. Bewegungserscheinungen höherer Pflanzen und ihre Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Zellmembran 410

Seite

§. 209. Veränderungen im Gleichgewichtszustande als nächste Ursache der Bewegungen 413
§. 210. Periodische und unregelmässige Bewegungen der Pflanzentheile 414
§. 211. Verschiedenheit der Organisation beweglicher Pflanzentheile 418
§. 212. Windende Bewegungen des Stengels und der Ranken . . . 423
§. 213. Entfernte Ursachen der Bewegung und Gesetze derselben. . 425

IV. Hauptstück.

Die Lebenserscheinungen im Entwicklungsgange des Individuums.

§. 214. Allgemeine Veränderungen der Thätigkeit der Pflanze in Folge ihrer Entwicklung 425
§. 215. Keimungsvorgang 426
§. 216. Latentes Leben. Dauerhaftigkeit des Keimes im Samen . . 427
§. 217. Bedingungen der Entwicklungen des Keimes 429
§. 218. Nothwendigkeit einer gewissen Dauer äusserer Einwirkungen 430
§. 219. Veränderung in den aufgespeicherten assimilirten Nahrungssubstanzen 430
§. 220. Gesetzmässige Richtungen im Wachsthume der Achsentheile 432
§. 221. Elemente des Wachsthums 433
§. 222. Zellgewebe und Gefässbündel in ihrer Ergänzung bei der Massezunahme 434
§. 223. Centrifugales Wachsthum des Stammes und seine Internodien 434
§. 224. Wachsthum der absteigenden Achse 436
§. 225. Dickewachsthum 436
§. 226. Periodicität des Wachsthumes nach den Tageszeiten . . . 437
§. 227. Periodicität des Wachsthumes nach den Jahreszeiten . . . 438
§. 228. Entstehung und Entwicklung appendiculärer Organe . . . 439
§. 229. Rhythmus im Wachsthume der Blätter 439
§. 230. Beschränktheit der Lebensdauer des Pflanzenindividuums . . 440
§. 231. Absterben einzelner Pflanzentheile unbeschadet des Ganzen . 441
§. 232. Mannigfaltigkeit der Entwicklungsfähigkeit einzelner Sprossen 442
§. 233. Unbeschränkte Lebensdauer der Gewächse 443
§. 234. Partieller und allgemeiner Tod und Auflösung 445

Einleitung.

In der Regel besteht der Pflanzenkörper, wenn er über die ersten Stufen seiner Bildung hinaus ist, nicht blos äusserlich aus verschiedenen Theilen, sondern ist auch innerlich aus noch viel kleinern Theilchen zusammengesetzt. Der ganze Aufbau und die Wirksamkeit der Pflanze hängt von der Anzahl, der Grösse, der Form und Beschaffenheit dieser kleinen Theilchen, von der Art ihrer Zusammenfügung und Vereinigung, so wie von der Thätigkeit derselben im Einzelnen und in ihren Beziehungen zu einander ab. Jene kennen zu lernen ist die Aufgabe der Anatomie der Pflanzen (Phytotomia), diese die Aufgabe der Physiologie der Pflanzen. Die Anatomie hat demnach den Pflanzenkörper nicht nach seiner äusseren Gestaltverschiedenheit, sondern vielmehr nach seiner inneren Zusammensetzung bis in die kleinsten Theile anschaulich zu machen und in der Erkenntniss der kleinsten Theile bis auf die Entstehung und Entwicklung derselben zurückzugehen. Die Phisiologie hingegen hat die Thätigkeitserscheinungen dieser Theilchen sowohl für sich als in ihrer Vereinigung zu einem grösseren Ganzen zu prüfen, namentlich den Vorgang der Bildung, Erhaltung und Vermehrung zu verfolgen.

Der bisherige Entwicklungsgang der Phytotomie war ein ganz anderer als jener der verwandten Zootomie und Anthropotomie. In diesen ging man von den Massentheilchen aus und gelangte erst spät zur eigentlichen Elementaranalyse. In der Phytotomie ist diess der erste und bis jetzt fast noch der einzige Weg in der Erforschung der räumlichen Verhältnisse. Ist der Weg der Zootomie ein analy-

tischer, so ist jener der Phytotomie ein synthetischer zu nennen. Wenn man die Elementaranalyse Hystiologie, die Erforschung der Massentheilchen zum Aufbau des Ganzen Anatomie nennt, so kann man sagen, dass wir für die Pflanzen eigentlich noch keine Anatomie besitzen. Für die Pflanzenphysiologie dagegen ist der erstere einfachere Weg beinahe noch unbetreten.

Die Anatomie wie die Physiologie kann ihre Aufgabe nur nach einer bestimmten Methode lösen. Für die erstere besteht sie im Allgemeinen darin, dass sie den Pflanzenkörper und seine Theile bis in die kleinsten Theilchen trennt und sich von der Form derselben so wie von deren Lagerungsverhältnissen eine klare Ansicht zu verschaffen sucht. Die Physiologie wird in der Untersuchung der Thätigkeitserscheinungen der Pflanzen sich im Allgemeinen nur solcher Methoden bedienen, die eine sichere Angabe der dabei stattfindenden chemischen und physikalischen Vorgänge möglich machen. Zu diesem Zwecke bedarf die eine wie die andere verschiedener Hilfsmittel, welche folgende sind:

1. Mechanisch trennende oder theilende Werkzeuge. Diese gehen von der Zimmermann's Schrottsäge, der Axt und dem Hobel bis zu den gröberen und feineren Messern, Feilen, Lanzetten und Nadeln. Die feinsten Trennungen des Zusammenhanges der Pflanzentheile wird der Phytotom durch das Rasirmesser und durch sehr spitze Nadeln (Präparirnadeln) bewerkstelligen. Diese dürfen ihm durchaus nicht fehlen.

Um von festeren sowohl als weicheren Pflanzentheilen sich sehr dünne Plättchen zu verschaffen, die durchaus gleich dick sind, bedient man sich eigener Schneidmaschinen. Eine derselben, von geringer Brauchbarkeit, ist das Doppelmesser, ein Messer mit zwei parallel liegenden und durch eine Schraubenvorrichtung zusammengehaltenen Klingen. Eine von Herrn Plössl in Wien construirte Schneidemaschine schneidet Plättchen von Holz u. s. w. von $^1/_4$ Quadrat-Zoll Fläche und bis zu $^1/_{60}$ Linie W. M. in der Dicke. Zur Anfertigung von zahlreichen Präparaten ist diese Schneidemaschine zu empfehlen.

2. Quetschinstrumente (Compressoria). Unter den Quetschinstrumenten ist der Purkinje'sche microtomische Quetscher zu nennen. Seine Anwendung in der Pflanzenanatomie ist jedoch sehr beschränkt. Es handelt sich nur in wenigen Fällen darum, durch Druck ohne Zerstörung der feinsten Theilchen irgend einen Pflanzentheil durchsichtig oder durchscheinig zu machen. Gestaltänderung durch Zehrung, theilweise oder ganze Trennung von Theilen wird nur selten und in beschränkter Weise beabsichtet, und hiezu dient ein Deckgläschen, das man durch Uebung gut handzuhaben gelernt hat, besser als jeder Quetscher.

3. Hälter oder Fassinstrumente. Ich spreche hier nur von jenen Vorrichtungen, welche dazu bestimmt sind, sehr kleine oder sehr dünne Gegenstände, für welche die Finger des Menschen ein viel zu grobes Werkzeug sind, festzuhalten, um sie nach gewissen Richtungen und in einer bestimmten Zartheit schneiden zu können. Dahin gehören zum Beispiel dünne blattartige Theile, Samen und andere lose kleine Pflanzentheile.

Um zarte Querschnitte von Blättern u. s. w. zu erlangen, klemmt man dieselben zwischen Korkstücke, die durch einen Ring zusammengehalten werden, und schneidet Kork und Pflanzensubstanz zugleich durch. Ich habe eine dergleichen Korkklemme weniger praktisch anwendbar gefunden, als man gewöhnlich dafür hält. Ich komme viel einfacher und sicherer dadurch zum Ziel, dass ich das Blatt auf ein Stück glattes und dickes Leder (z. B. den Streichriemen, dessen man keinen Augenblick entbehren kann) lege, dasselbe mit dem Zeigefinger der linken Hand niederhalte und mit der rechten Hand durch ein senkrecht geführtes Rasirmesser die Schnitte mache.

Zum Festhalten kleiner, loser Körperchen, z. B. Samen, bedient man sich eines Stückes Stearin, in welchem man eine dem zu untersuchenden Körper entsprechende Vertiefung macht, denselben dahin bringt, durch eine heiss gemachte Nadel in dessen Nähe im Stearin herumfährt und ihn so in dem leicht schmelzenden Stearin einkittet. Er hält nach Entfernung der Nadel sogleich im

Phy

Ung

Anato

un

Physio

der

Pflan

185

B. R


Phyt.
741
sh
Unger,
Anatomie
und
Physiologie
der
Pflanzen.
1855.
B. R. M.


Unger.
Anatomie
und
Physiologie
der
Pflanzen.
1855.
B. R. M.



Phys. 741 5k

Unger

<36623714320019 S

<36623714320019

Bayer. Staatsbibliothek

ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE

DER

PFLANZEN.

VON

Dr F. UNGER,
PROFESSOR AN DER HOCHSCHULE IN WIEN.

Mit 139 in den Text eingedruckten Holzschnitten.

Pest, Wien und Leipzig, 1855.
Verlag von C. A. Hartleben.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

Dem hochwohlgebornen

Herrn

HUGO von MOHL,

Doctor der Philosophie, Medizin und Chirurgie, Ritter des Ordens der würtembergischen Krone, ordentl. Professor der Botanik an der Universität zu Tübingen, auswärtigem Mitgliede des Institutes der Niederlande, Mitgliede der kais. Leop. Carol. Academie der Naturforscher, Correspondenten des Institutes von Frankreich, der Academie der Wissenschaften zu München, Wien u. s. w.

dem

Gründer der neueren Pflanzenanatomie,

seinem hochverehrten Freunde

gewidmet

vom

Verfasser.

Hier, lieber Freund! ist das erwartete Schiff, das mit deinem Namen geschmückt ins weite hoffnungsreiche, aber auch zugleich täuschende Meer hinausgestossen, seine Lebensfahrt beginnen soll. Möge ihm der Name Hugo von Mohl eben so zum freundlichen Willkommen dienen, als einem Schutzgeiste gleich es vor Ungemach bewahren!

Erlaube mir, ehe ich Dir das Buch übergebe, einige vorbereitende Worte an Dich und die Leser zu richten.

Ein Werk im Umfange wie das vorliegende hat mancherlei Aufgaben zu erfüllen, von denen eine einfache, klare Darstellung des Gegenstandes bei weitem nicht die alleinige ist. Schon die Grösse und Mannigfaltigkeit der Materie verlangt eine allseitige und gründliche Bekanntschaft mit der Wissenschaft. Man muss lange leben und seinen Fleiss nicht sparen, um sich dieselbe zu erwerben.

Aber eben so nothwendig als die Beherrschung des ganzen wissenschaftlichen Gebietes ist die ebenmässige Behandlung des Gegenstandes, wozu oft Neigung und der vorherrschende Character der Wissenschaft, so wie der Ton der Zeit nicht immer einladet und fähig macht. Man muss sich Mancherlei versagen können und das Talent besitzen, die zu fühlbaren Lücken, woran es niemals mangelt, so viel als möglich zu decken, wenn man seiner Arbeit den Stempel des Ebenmasses — einer angenehmen organischen Gliederung — aufdrücken will.

Endlich ist es bei Ausarbeitung eines Buches der Art, welches zugleich die Aufgabe hat, dem tiefer eindringenden Pflanzenforscher nicht blos ein täuschendes Spiegelbild der Wissenschaftlichkeit vorzuhalten, sondern ihn mit der Summe des bisherigen Erwerbs bekannt zu machen, unerlässlich, sich nicht blos in Negationen zu gefallen, sondern auch Positives zu geben. Wer wird

zweifeln, dass Kritik an alles Menschenwerk angelegt werden müsse. Sie aber in den Vordergrund zu stellen und die Polemik als Würze zu betrachten, zeigte wenig Vertrauen auf den Ernst der Leser, so wie auf den guten, gebildeten Geschmack derselben.

Wie weit ich hinter diesem »trinum perfectum«, diesen Erfordernissen eines jeden guten Buches, zurückgeblieben, werden Andere leichter als ich selbst wahrnehmen. An dem Bestreben, jenem Regulativ bei Ausarbeitung desselben zu folgen, hat es mir indess nicht gefehlt.

Eine nähere Bekanntschaft mit dem Buche wird zeigen, dass ich demselben meine vor neun Jahren erschienenen »Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen« zum Grunde legte, dieselben aber auf eine so durchgreifende Weise umstaltete und erweiterte, dass sie füglich in dem neuen Gewande auch einen neuen

Character angenommen und daher auf einen neuen Namen Anspruch haben.

Durch eine Reihe von Jahren war es mir, als Lehrer vor einem zahlreichen Hörerkreise, vergönnt, den ganzen Gedankengang wiederholt zu prüfen, fort und fort daran zu bessern, und alle Theile in Einklang zu bringen, so dass ich nunmehr glauben darf, ein nicht blos in seiner äusseren Form ansprechendes, sondern auch hinlänglich dauerhaft construirtes Werk zu Stande gebracht zu haben.

Eine neue Richtung der Forschung, glänzende Ideen, umstaltende Ansichten u. s. w. wird man jedoch hierin vergeblich suchen, wo es sich nur darum handelte, den richtigen Ausdruck eines grossen Gemeingutes, an dem so viele Geister ihre edelsten Gaben niederlegten, zu finden. Vorzüglich von dieser Seite wünschte ich das Buch angesehen und beurtheilt.

Um übrigens das Studium der Anatomie und Physiologie der Pflanzen für jeden auch nur mit mässigen Vorkenntnissen der Botanik Ausgerüsteten zu ermöglichen und um ihm hierin einen verlässlichen Führer zu geben, habe ich es weder an übersichtlicher Vollständigkeit bei prägnanter Kürze des Ausdruckes, noch an zweckdienlichen Erläuterungen fehlen lassen. In letzterer Beziehung werden die mit vieler Sorgfalt ausgearbeiteten, jedoch mit grosser Mässigung beigegebenen Illustrationen ihre Wirkung gewiss nicht verfehlen. —

Und so nimm denn, lieber Freund! dieses Buch als ein schwaches Zeichen der Huldigung, welche ich Dir im Namen der Wissenschaft bringe, freundlich auf. Lasse dem bescheidenen Schiffchen den Schmuck Deines Namens, den ja ohnehin jede Seite verkündet, gefallen. Mir aber lasse den Trost, dass ich es nicht vergeblich gezimmert, und dass ich dabei meine schönsten Tage des

Lebens nicht unfruchtbar vergeudet habe, denn was bliebe mir sonst übrig als — um das Gleichniss festzuhalten — in die elegischen Worte des grossen römischen Lyrikers, selbst anklagend, einzustimmen:

O navis, referent in mare te novi
Fluctus? O quid agis? fortiter occupa
Portum. — — —

— — —

Auf dem Rosenberge (1492) bei Grätz am Pfingsttage des Jahres 1855.

F. Unger.

Inhalt.

Seite

Einleitung. Ueber die Hilfsmittel des anatomisch-physiologischen Studiums 1

Zur Geschichte der Anatomie und Physiologie der Pflanzen 11

Erster Theil.

Anatomie der Pflanzen.

I. Hauptstück.

Von den Elementartheilen im Allgemeinen.

§. 1. Der Pflanzenkörper aus kleinen Theilchen zusammengesetzt . 51

§. 2. Elementartheile desselben 51

§. 3. Die Pflanzenzelle 52

§. 4. Complexe von Zellen 53

§. 5. Zellpflanzen, Gefässpflanzen 54

II. Hauptstück.

Die Lehre von der Zelle.

I. Abschnitt. Von der Form und Grösse der Zellen.

§. 6. Unterschiede der Zellen im Allgemeinen 55

§. 7. Unterschiede der Zellen im Besonderen 55

§. 8. Ungehemmte Zellbildungsformen 56

§. 9. Hemmungsbildungen 62

§. 10. Grundform der Zelle 63

§. 11. Polyëdrische Zellen 64

§. 12. Tafelförmige oder plattgedrückte Zellen 64

§. 13. Langgestreckte Zellen 65

§. 14. Grösse der Zellen 66

§. 15. Mikroskopische Kleinheit derselben 67

Seite

II. Abschnitt. Vom Baue und der Beschaffenheit der Zellwand.

§. 16. Veränderlichkeit der Structur der Zellwand 68
§. 17. Schichtung derselben 68
§. 18. Bezeichnung der verschiedenen Schichten 69
§. 19. Primäre Zellmembran 70
§. 20. Secundäre Zellmembran 71
§. 21. Einseitige Verdickung 72
§. 22. Getüpfelte Zelle, Netzfaser- und Spiralfaserzelle 72
§. 23. Feinere Organisation der Zellhaut 74
§. 24. Steifung 75
§. 25. Tertiäre Zellmembran 76
§. 26. Durchlöcherung der Zellhaut 78
§. 27. Fasernetz der Zellen 79
§. 28. Hüllmembran 80
§. 29. Primordialschlauch 80
§. 30. Schwärmzellen und Samenfäden 82
§. 31. Verhältniss der Hautschichten unter einander 85
§. 32. Physikalische Eigenschaften der Zellhaut 85
§. 33. Chemische Beschaffenheit 86
§. 34. Beschaffenheit des Primordialschlauches und der Hüllmembran 90
§. 35. Altersveränderungen 91
§. 36 und 37. Grösseveränderungen 91
§. 38. Formveränderungen 93
§. 39. Wachsthum 94
§. 40. Ausdehnung, Neubildung 94
§. 41. und 42. Verdickung 96
§. 43. Entwicklung der Spiralfaserzelle 99

III. Abschnitt. Vom Inhalte der Zellen.

§. 44. Mannigfaltigkeit des Inhaltes 100
§. 45. und 46. Flüssiger und fester Inhalt 101
§. 47. Zellsaft, Protoplasma 102
§. 48. Kernbläschen 103
§. 49. und 50. Chlorophyll 106
§. 51. Farbebläschen 109
§. 52. Stärkemehl 111
§. 53. Inulin . 117
§. 54. Dextrin, Gummi, Zucker, Pflanzenschleim, Pflanzengallerte . 118
§. 55. Stickstofffreie und stickstoffhaltige indifferente und nicht indifferente Verbindungen (Säuren, Alkaloide) 120
§. 56. Pflanzenkrystalle 123
§. 57. Einfache Stoffe 125

Seite

IV. Abschnitt. Von der Entstehung und Fortpflanzung der Zellen.
§. 58. Primäre und secundäre Zellbildung 126
§. 59. Generatio homomorpha und heteromorpha 128
§. 60. Freie Zellbildung und Zellbildung durch Theilung 130
§. 61. Art der freien Zellbildung 131
§. 62. Wandständige Zellbildung, Zellbildung durch Einstülpung, Zellbildung durch Abschnürung 133

III. Hauptstück.
Die Lehre von den Zellcomplexen.

I. Abschnitt. Von den Zellfamilien.
§. 63. Die Pflanze eine Vielheit von Zellen 138
§. 64. Zellfamilie, Zellgewebe, Zellfusion 138
§. 65. Begriff der Zellfamilie oder Zellkolonie 138

II. Abschnitt. Von den Zellgeweben.
§. 66. Begriff des Zellgewebes 141
§. 67. Arten des Zellgewebes 142
§. 68. Unvollständiges Zellgewebe (Merenchyma) 143
§. 69. Vollständiges Zellgewebe (Parenchyma) 145
§. 70. Fasergewebe (Prosenchyma) 147
§. 71. Leimgewebe (Collenchyma) 148
§. 72. Filzgewebe (Tela contexta) 149
§. 73. Berührung und Isolirung der Zellen 150
§. 74. Zusammenstossen der Tüpfelgänge 151
§. 75. Bildung des Tüpfelhofes 152

III. Abschnitt. Von den Zellfusionen.
§. 76. Begriff der Zellfusion 153
§. 77. Die Formen der Zellfusionen 154
§. 78. Copulation der Zellen 156
§. 79. Milchsaftgefässe (Vasa lactea) 157
§. 80. Einfache, verzweigte und netzförmige Milchsaftgefässe . . . 158
§. 81. Verbreitung der Milchsaftgefässe 161
§. 82. Inhalt der Milchsaftgefässe 162
§. 83. Spiroiden oder Spiralgefässe (Vasa spiralia). 164
§. 84. Verschmelzung der Elemente der Spiralgefässe 165
§. 85. Formen der Spiralgefässe 167
§. 86. Ringgefässe 168
§. 87. Einfache Spiralgefässe 169
§. 88. Netzgefässe 171
§. 89. Treppengefässe oder Treppengänge. 172
§. 90. Getüpfelte oder poröse Gefässe 173

Seite

§. 91. Gestreift-getüpfelte Gefässe (Vasa taeniato-porosa) 175
§. 92. Gemischte Gefässe (Vasa mixta) 176
§. 93. Lang- und kurzgliederige Gefässe 176
§. 94. Inhalt der Spiroiden 177
§. 95. Die Intercellularsubstanz 178
§. 96. Der Zellcomplex als Ergebniss der Fortpflanzung der Zellen . 180
§. 97. Unterschied von Bildungs- und Dauerzellen 180

IV. Hauptstück.

Die Lehre von den Zellgruppen.

I. Abschnitt. Von den Epidermoidalbildungen.

§. 98. Begriff der Zellgruppe 181
§. 99. Formen der Zellgruppen 182
§. 100. Die Oberhaut (Epidermis) 182
§. 101. Das Häutchen (Cuticula) 185
§. 102. Anhangstheile der Epidermis 186
§. 103. Spaltöffnung (Stoma) 188
§. 104. Wurzelhülle (Velamen radicum) 194

II. Abschnitt. Von den Lufträumen.

§. 105. Entstehung der Lufträume 196
§. 106. Intercellulargänge, Luftcanäle und Lufthöhlen 196
§. 107. Luftgänge und Luftlücken 200
§. 108. System der luftführenden Räume 202
§. 109. Verbreitung derselben 203

III. Abschnitt. Von den Saftbehältern.

§. 110. Begriff der Saftbehälter 204
§. 111. Saftbehälter, Saftgänge 204

IV. Abschnitt. Von den Drüsen.

§. 112. Begriff der Drüsen 209
§. 113. Einfache und zusammengesetzte, äussere und innere Drüsen . 209

V. Abschnitt. Von den Gefässbündeln.

§. 114. Begriff des Gefässbündels 215
§. 115. Zusammensetzung des Gefässbündels 216
§. 116. Cambium 217
§. 117. Theile des vollkommenen Gefässbündels 218
§. 118. Verschiedene Arten der Gefässbündel 220
§. 119. Vorkommen der Gefässbündel 221
§. 120. Entwicklungsfähigkeit der Gefässbündel 221

V. Hauptstück.

Die Lehre von den Systemen.

I. Abschnitt. Von den Gefässbündelsystemen.

§. 121. Begriff des Systemes 223

Seite

§. 122. Gefässbündelsystem 224
§. 123. Die Verschiedenheit des Pflanzenbaues im Gefässbündelsysteme 225
§. 124. Sprossende, geschlossene, nachwachsende Gefässbündel . . . 225
§. 125. Entwicklungsstufen des Gefässbündelsystems der Endsprosser. (Das Gefässbündelsystem der Isoëteen, Lycopodiaceen, Lepidodendreen, Equisetaceen, Farn, Stigmarieen und Sigillarieen, Haplocalameen) 226
§. 126. Gefässbündelsystem der Umsprosser 230
§. 127. Gefässbündelsystem der Endumsprosser nach den wesentlichsten Formen 233
§. 128. Wachsen des Stammes in der Cambiumschichte nach innen und aussen 236
§. 129. Continuirliches Vorwärtsschieben des Basttheiles 237
§. 130. Betheilung des Parenchyms beim Wachsen des Stammes . . 238
§. 131. Veränderungen des Rindenparenchyms, Bastschichte, Innenrinde, Rindenhaut, Kork, Borke 239
§. 132. Bau der absteigenden Achse 243
§. 133. Verhältniss der secundären Achsen zur primären Achse . . 244
§. 134. Gefässbündelsystem der appendiculären Organe 245

Zweiter Theil.

Physiologie der Pflanzen.

I. Hauptstück.

Die Pflanze als lebender Organismus.

§. 135. Begriff der Pflanzenphysiologie. Die Lebenserscheinungen im Zusammenhange mit der Lebenskraft 249
§. 136. Die Lebenskraft keine eigene von den bekannten physikalischen Kräften verschiedene Kraft 249
§. 137. Die Wirksamkeit der Lebenskraft als erzeugende, erhaltende und vermehrende Kraft 251
§. 138. Die Thätigkeitserscheinungen der Pflanzen in ihrer nothwendigen Verbindung mit einer organisirten Materie, deren Grundform die Zelle. Der Unterschied thierischer und pflanzlicher Organisation nur ausserwesentlich 253

II. Hauptstück.

Thätigkeitserscheinungen der Zelle.

§. 139. Entstehungsgeschichte der Zelle. Unterschied der Zellbildung von Krystallisation 255
§. 140. Die Zellmembran und der Zellinhalt in ihren wesentlichsten Functionen. Diasmose 258

Seite

§. 141. Bedingungen der Substanzzunahme in der Bestandform der Nahrungsmittel 263
§. 142. Zersetzung der aufgenommenen Verbindungen und Bildung der Assimilationsproducte. Wasser, Ammoniak und Kohlensäure als die wichtigsten Nahrungsmittel 264
§. 143. Entstehung von intermediären Stoffen (Säuren, Basen u. s. w.). Nothwendigkeit der Aufnahme alkalischer und erdiger Basen 269
§. 144. Unerlässlichkeit der Ausscheidungen (Excretionen) beim Assimilationsvorgange 270
§. 145. Vorgänge der Ernährung der Zellen 271
§. 146. Fortpflanzung der Zellen 271
§. 147. Bewegung des Zellsaftes 273
§. 148. Formen der Bewegung des Zellsaftes (Rotation und Circulation) 274
§. 149. Ursache der Saftbewegung in der Contractilität des Protoplasma. Uebereinstimmung mit ähnlichen Erscheinungen des thierischen Organismus 280
§. 150. Die Ursache der Bewegungen der Schwärmsporen und der Samenfäden nicht wesentlich von der Bewegung des Protoplasma verschieden 284
§. 151. Verschiedene Dauer des Zelllebens in den Fortpflanzungszellen und in den Dauerzellen 286

III. Hauptstück.

Thätigkeitserscheinungen der Pflanze als zusammengesetzter Organismus.

I. Abschnitt. Von der Aufnahme flüssiger Nahrung.

§. 152. Modification der Thätigkeitserscheinungen der Zelle in Verbindung mit andern Zellen. Einfluss auf den Ernährungs- und Fortpflanzungsprocess 288
§. 153. Die Gesetze der Zellfortpflanzung bei Bildung von Geweben 290
§. 154. Nothwendigkeit der Vertheilung der Functionen der Pflanze auf gewisse Partien der Gewebe 295
§. 155. Die allgemeine Vertheilung der Nahrungssubstanzen macht Ortsveränderungen der Pflanzen in der Regel überflüssig. . 296
§. 156. Die Pflanze bedarf ungefähr 20 verschiedener einfacher Stoffe, die sie nie als solche, sondern stets in Verbindungen aufnimmt . 296
§. 157. Die für die Pflanze wichtigsten Stoffe — Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff — werden nur in der Form von Wasser, Kohlensäure und Amoniak aufgenommen (Atmosphärische Nahrungsmittel, Liebig), die anorganischen Basen (mineralische Nahrungsmittel, Liebig) in Form löslicher Salze 299

Seite

§. 158. Das hauptsächlichste Aufnahmsorgan die Wurzel, Modificationen des Aufnahmsprocesses bei Luftwurzeln und den Wurzeln der Parasiten 303
§. 159. Aufsaugung der flüssigen Nahrung in Folge endosmotischer Thätigkeit der Wurzelzellen 308
§. 160. Die Endosmose der Wurzel durch die Verdünstung, Assimilation u. s. w. unterstützt 310
§. 161. Alle für die Endosmose geeigneten Stoffe werden ohne Unterschied von der Wurzel aufgenommen. Es findet kein Wahlvermögen Statt. 310
§. 162. Die Wurzelausscheidung ist beschränkt und ohne wesentlichen Einfluss auf nebenstehende Pflanzen 313

II. Abschnitt. Vom Aufsteigen des Nahrungssaftes und von seiner Vertheilung.

§. 163. Auch das Aufsteigen des Nahrungssaftes geschieht durch Endosmose. Betheiligung der Gefässbündel 314
§. 164. Allgemeine nothwendige Richtung des Saftstromes 316
§. 165. Allmälige Assimilation des rohen Nahrungssaftes 318
§. 166. Periodicität und der Saftreichthum 319
§. 167. Einfluss der Organisation der Pflanze auf die Art und Weise der Saftführung 320
§. 168. Vorbereitung des Nahrungssaftes für Neubildungen. . . . 322
§. 169. Der Bildungssaft (Cambium) in seiner Verbreitung. . . . 323
§. 170. Einfluss der peripherischen Organe (Blätter) auf die Cambiumbildung 324
§. 171. Die Kraft, womit der Nahrungssaft im Stamme aufsteigt . 327

III. Abschnitt. Von der Assimilation des Nahrungssaftes.

§. 172. Die Veränderungen der rohen Nahrungssäfte im Conflicte mit der atmosphärischen Luft 329
§. 173. Die Verdünstung des Wassers (Transpiration) und ihre Gesetze in Bezug auf die oberflächlichen Pflanzentheile . . . 330
§. 174. Die Blätter nehmen keine Wasserdünste auf 336
§. 175. Aufnahme und Ausscheidung von Kohlensäure, Sauerstoff und Ammoniak durch die Blätter und die Bedingungen des dabei vor sich gehenden Stoffwechsels 336
§. 176. Die übrigen peripherischen Pflanzentheile in Wechselwirkung mit der atmosphärischen Luft 348
§. 177. Ergebnisse der Respiration auf die Assimilation. 349

IV. Abschnitt. Von den Secretionserscheinungen.

§. 178. Allgemeinheit der Se- und Excretionsstoffe und ihrer Abscheidungsorgane (Drüsen). 352

Seite

§. 179. Die Secretionsmaterien innerhalb der Zellen und in Räumen zwischen denselben 353
§. 180. Die wichtigsten durch eigene Organe secernirten Substanzen 355
§. 181. Luftsecretion. 356
§. 182. Ausscheidung tropfbar flüssigen Wassers 357
§. 183. Gummisecretion 359
§. 184. Ausscheidung von zuckerhaltigen Säften 362
§. 185. Ausscheidung flüchtiger Oele 363
§. 186. Harzsecretion 365
§. 187. Ausscheidung schmieriger, wachsartiger Substanzen. . . . 366
§. 188. Ausscheidung anorganischer Verbindungen. 368
§. 189. Die Milchsäfte als Secrete 370

V. Abschnitt. Von der Entstehung und Fortpflanzung der Gewächse.

§. 190. Die Vermehrung des Pflanzenindividuums beruhend auf Fortpflanzung. 371
§. 191. Stufenverschiedenheit der Fortpflanzung 372
§. 192. Die vier allgemeinsten Formen der Fortpflanzung 373
§. 193. Fortpflanzung durch Theilung 373
§. 194. Fortpflanzung durch Knospung 374
§. 195. Fortpflanzung durch Copulation 379
§. 196. Fortpflanzung durch Eizellenbildung 380
§. 197. Die Befruchtung in der Einwirkung zweierlei Zellen auf einander bestehend 387
§. 198. Uebertragung der Eigenschaft des Mutterorganismus auf den Tochterorganismus. Kreuzung 391
§. 199. Die Abartung im Leben der Art begründet 394
§. 200. Die verschiedenen Fortpflanzungsweisen im gegenseitigen Verhältniss . 396

VI. Abschnitt. Von der Wärme- und Lichtentwicklung.

§. 201. Nothwendigkeit der Eigenwärme der Pflanzen 396
§. 202. Veränderliches Maass der Eigenwärme nach der Beschaffenheit der Pflanzensubstanz und nach der Umgebung der Pflanze . 397
§. 203. Geringes Maass der Eigenwärme. Periodicität derselben . . 399
§. 204. Grosse Wärmeentwicklung während dem Blühen 402
§. 205. Lichterscheinungen an lebenden und leblosen Pflanzentheilen 404

VII. Abschnitt. Von den Bewegungserscheinungen.

§. 206. Allgemeinheit der Bewegungserscheinungen 406
§. 207. Bewegungen einzelliger Pflanzen 407
§. 208. Bewegungserscheinungen höherer Pflanzen und ihre Abhängigkeit von der Beschaffenheit der Zellmembran 410

Seite

§. 209. Veränderungen im Gleichgewichtszustande als nächste Ursache der Bewegungen 413
§. 210. Periodische und unregelmässige Bewegungen der Pflanzentheile 414
§. 211. Verschiedenheit der Organisation beweglicher Pflanzentheile 418
§. 212. Windende Bewegungen des Stengels und der Ranken . . . 423
§. 213. Entfernte Ursachen der Bewegung und Gesetze derselben. . 425

IV. Hauptstück.

Die Lebenserscheinungen im Entwicklungsgange des Individuums.

§. 214. Allgemeine Veränderungen der Thätigkeit der Pflanze in Folge ihrer Entwicklung 425
§. 215. Keimungsvorgang 426
§. 216. Latentes Leben. Dauerhaftigkeit des Keimes im Samen . . 427
§. 217. Bedingungen der Entwicklungen des Keimes 429
§. 218. Nothwendigkeit einer gewissen Dauer äusserer Einwirkungen 430
§. 219. Veränderung in den aufgespeicherten assimilirten Nahrungssubstanzen 430
§. 220. Gesetzmässige Richtungen im Wachsthume der Achsentheile 432
§. 221. Elemente des Wachsthums 433
§. 222. Zellgewebe und Gefässbündel in ihrer Ergänzung bei der Massezunahme 434
§. 223. Centrifugales Wachsthum des Stammes und seine Internodien 434
§. 224. Wachsthum der absteigenden Achse 436
§. 225. Dickewachsthum 436
§. 226. Periodicität des Wachsthumes nach den Tageszeiten . . . 437
§. 227. Periodicität des Wachsthumes nach den Jahreszeiten . . . 438
§. 228. Entstehung und Entwicklung appendiculärer Organe . . . 439
§. 229. Rhythmus im Wachsthume der Blätter 439
§. 230. Beschränktheit der Lebensdauer des Pflanzenindividuums . . 440
§. 231. Absterben einzelner Pflanzentheile unbeschadet des Ganzen . 441
§. 232. Mannigfaltigkeit der Entwicklungsfähigkeit einzelner Sprossen 442
§. 233. Unbeschränkte Lebensdauer der Gewächse 443
§. 234. Partieller und allgemeiner Tod und Auflösung 445

Einleitung.

In der Regel besteht der Pflanzenkörper, wenn er über die ersten Stufen seiner Bildung hinaus ist, nicht blos äusserlich aus verschiedenen Theilen, sondern ist auch innerlich aus noch viel kleinern Theilchen zusammengesetzt. Der ganze Aufbau und die Wirksamkeit der Pflanze hängt von der Anzahl, der Grösse, der Form und Beschaffenheit dieser kleinen Theilchen, von der Art ihrer Zusammenfügung und Vereinigung, so wie von der Thätigkeit derselben im Einzelnen und in ihren Beziehungen zu einander ab. Jene kennen zu lernen ist die Aufgabe der Anatomie der Pflanzen (Phytotomia), diese die Aufgabe der Physiologie der Pflanzen. Die Anatomie hat demnach den Pflanzenkörper nicht nach seiner äusseren Gestaltverschiedenheit, sondern vielmehr nach seiner inneren Zusammensetzung bis in die kleinsten Theile anschaulich zu machen und in der Erkenntniss der kleinsten Theile bis auf die Entstehung und Entwicklung derselben zurückzugehen. Die Phisiologie hingegen hat die Thätigkeitserscheinungen dieser Theilchen sowohl für sich als in ihrer Vereinigung zu einem grösseren Ganzen zu prüfen, namentlich den Vorgang der Bildung, Erhaltung und Vermehrung zu verfolgen.

Der bisherige Entwicklungsgang der Phytotomie war ein ganz anderer als jener der verwandten Zootomie und Anthropotomie. In diesen ging man von den Massentheilchen aus und gelangte erst spät zur eigentlichen Elementaranalyse. In der Phytotomie ist diess der erste und bis jetzt fast noch der einzige Weg in der Erforschung der räumlichen Verhältnisse. Ist der Weg der Zootomie ein analy-

tischer, so ist jener der Phytotomie ein synthetischer zu nennen. Wenn man die Elementaranalyse Hystiologie, die Erforschung der Massentheilchen zum Aufbau des Ganzen Anatomie nennt, so kann man sagen, dass wir für die Pflanzen eigentlich noch keine Anatomie besitzen. Für die Pflanzenphysiologie dagegen ist der erstere einfachere Weg beinahe noch unbetreten.

Die Anatomie wie die Physiologie kann ihre Aufgabe nur nach einer bestimmten Methode lösen. Für die erstere besteht sie im Allgemeinen darin, dass sie den Pflanzenkörper und seine Theile bis in die kleinsten Theilchen trennt und sich von der Form derselben so wie von deren Lagerungsverhältnissen eine klare Ansicht zu verschaffen sucht. Die Physiologie wird in der Untersuchung der Thätigkeitserscheinungen der Pflanzen sich im Allgemeinen nur solcher Methoden bedienen, die eine sichere Angabe der dabei stattfindenden chemischen und physikalischen Vorgänge möglich machen. Zu diesem Zwecke bedarf die eine wie die andere verschiedener Hilfsmittel, welche folgende sind:

1. Mechanisch trennende oder theilende Werkzeuge. Diese gehen von der Zimmermann's Schrottsäge, der Axt und dem Hobel bis zu den gröberen und feineren Messern, Feilen, Lanzetten und Nadeln. Die feinsten Trennungen des Zusammenhanges der Pflanzentheile wird der Phytotom durch das Rasirmesser und durch sehr spitze Nadeln (Präparirnadeln) bewerkstelligen. Diese dürfen ihm durchaus nicht fehlen.

Um von festeren sowohl als weicheren Pflanzentheilen sich sehr dünne Plättchen zu verschaffen, die durchaus gleich dick sind, bedient man sich eigener Schneidmaschinen. Eine derselben, von geringer Brauchbarkeit, ist das Doppelmesser, ein Messer mit zwei parallel liegenden und durch eine Schraubenvorrichtung zusammengehaltenen Klingen. Eine von Herrn Plössl in Wien construirte Schneidemaschine schneidet Plättchen von Holz u. s. w. von $^1/_4$ Quadrat-Zoll Fläche und bis zu $^1/_{60}$ Linie W. M. in der Dicke. Zur Anfertigung von zahlreichen Präparaten ist diese Schneidemaschine zu empfehlen.

2. Quetschinstrumente (Compressoria). Unter den Quetschinstrumenten ist der Purkinje'sche microtomische Quetscher zu nennen. Seine Anwendung in der Pflanzenanatomie ist jedoch sehr beschränkt. Es handelt sich nur in wenigen Fällen darum, durch Druck ohne Zerstörung der feinsten Theilchen irgend einen Pflanzentheil durchsichtig oder durchscheinig zu machen. Gestaltänderung durch Zehrung, theilweise oder ganze Trennung von Theilen wird nur selten und in beschränkter Weise beabsichtet, und hiezu dient ein Deckgläschen, das man durch Uebung gut handzuhaben gelernt hat, besser als jeder Quetscher.

3. Hälter oder Fassinstrumente. Ich spreche hier nur von jenen Vorrichtungen, welche dazu bestimmt sind, sehr kleine oder sehr dünne Gegenstände, für welche die Finger des Menschen ein viel zu grobes Werkzeug sind, festzuhalten, um sie nach gewissen Richtungen und in einer bestimmten Zartheit schneiden zu können. Dahin gehören zum Beispiel dünne blattartige Theile, Samen und andere lose kleine Pflanzentheile.

Um zarte Querschnitte von Blättern u. s. w. zu erlangen, klemmt man dieselben zwischen Korkstücke, die durch einen Ring zusammengehalten werden, und schneidet Kork und Pflanzensubstanz zugleich durch. Ich habe eine dergleichen Korkklemme weniger praktisch anwendbar gefunden, als man gewöhnlich dafür hält. Ich komme viel einfacher und sicherer dadurch zum Ziel, dass ich das Blatt auf ein Stück glattes und dickes Leder (z. B. den Streichriemen, dessen man keinen Augenblick entbehren kann) lege, dasselbe mit dem Zeigefinger der linken Hand niederhalte und mit der rechten Hand durch ein senkrecht geführtes Rasirmesser die Schnitte mache.

Zum Festhalten kleiner, loser Körperchen, z. B. Samen, bedient man sich eines Stückes Stearin, in welchem man eine dem zu untersuchenden Körper entsprechende Vertiefung macht, denselben dahin bringt, durch eine heiss gemachte Nadel in dessen Nähe im Stearin herumfährt und ihn so in dem leicht schmelzenden Stearin einkittet. Er hält nach Entfernung der Nadel sogleich im

Stearin fest, und man kann ihn dann auf beliebige Weise sammt dem Stearin durchschneiden. Diese Methode für anatomische Analysen von Samen ist von meinem Freunde, E. Fenzl, mit dem sichersten Erfolge angewendet worden.

4. Optische Apparate. Zu den Apparaten, die der Pflanzenanatom eben so wenig entbehren kann, als die bisher genannten Instrumente, gehören einfache Linsen, Loupen, einfache und zusammengesetzte Mikroskope und endlich das Polarisationsinstrument.

Da es sich um Erforschung kleiner und sehr kleiner Theile handelt, so mus dem Untersucher in diesen Instrumenten eine Vergrösserung von einigen Durchmessern bis zu dem 50-, 100-, 1000-fachen Durchmesser und noch darüber geboten werden. Mit Ausnahme der geringern als 20—30fachen Vergrösserungen geben die grösseren zusammengesetzten Mikroskope eine hinlängliche Stufenfolge solcher Vergrösserungen und sind wohl gar im Stande, auf eine 2—3000malige Linearvergrösserung zu gehen. Die Schärfe und Lichtstärke bedingen die Güte der Mikroskope, welche am besten in letzterer Zeit von Plössl, Oberhäuser, Schiek, Pistor, Chevalier, Amici, Natchez, Nobert u. s. w. angefertigt worden sind.

Da der Pflanzenanatom häufig in die Lage kommt, den zu untersuchenden Gegenstand erst vollständig unter Anwendung einer nicht unbedeutenden Vergrösserung zu präpariren, jede Präparation unter starken Vergrösserungen aber unter dem Compositum nicht leicht ausführbar ist, so bedarf derselbe ausser dem zusammengesetzten Mikroskope auch noch eines einfachen oder sogenannten Präparirmikroskops (Banks) mit einfachen, doppel- und dreifachen Linsen, welche bis zu einer 300maligen Linearvergrösserung gehen. Für minder starke Vergrösserung und wo bedeutende Focalabstände nothwendig sind, ist Brügge's Präparirloupe vorzüglich zuempfehlen.

Die neuen Plössel'schen Mikroskope haben durch eine besondere Einrichtung den Vortheil, dass man von dem zu betrach-

tenden Gegenstande durch ein Deckglas bedeckt und ohne desselben immer ein gleich scharfes Bild erhält.

Das Polarisationsinstrument, welches sich mit dem Mikroskope leicht verbinden lässt, hat bisher in der Pflanzenanatomie noch eine sehr beschränkte Anwendung gefunden.

5. Messinstrumente. Jede genaue phytotomische Untersuchung bedarf der Erforschung des Masses. Man besitzt Längen-, Flächen- und Winkelmasse für ausserordentlich kleine Gegenstände, welche bis auf eine gewisse Grenze nichts zu wünschen übrig lassen. Das am weitesten gehende Längenmass im Kleinen wird durch den Schraubenmikrometer erreicht; er lässt Messungen bis zu 0·00001 eines Zolles zu. Derselbe ist gewöhnlich mit dem Objecttisch des Mikroskopes verbunden. Seine Handhabung ist sehr einfach. In den gewöhnlichen Fällen und für die meisten phytotomischen Untersuchungen hinreichend ist der Glasmikrometer, ein Glasscheibchen oder ein Glasstreifen, auf welchem die Mikrometertheilung eingeritzt ist. Man hat Theilungen einer Linie in 30 und 60 Theile und noch weit darüber. Bei Anwendung beider genannter Glasmikrometer ist man im Stande, Messungen von $^1/_{187}$ Linie bis zu $^1/_{1500}$ Linie vorzunehmen. Plössl's neueste Instrumente haben für dergleichen Messungen eine sehr bequeme Vorrichtung.

Für Flächenmasse hat man ähnliche Glasmikrometer, in welchen die Quadratlinie in 900 Quadratfelder eingetheilt ist. Bis dahin und durch Schätzung wohl noch über den $^1/_{1000}$ Theil einer Quadratlinie hinaus lassen sich Flächen mikrometrisch bestimmen.

Das Winkelmass hat für mikroskopische Gegenstände noch wenig Anwendung gefunden. Bei den neueren Mikroskopen Plössl's ist der Objecttisch durch eine am Rande getheilte Drehscheibe so eingerichtet, dass man bequem Flächenwinkel zu bestimmen im Stande ist. Die Centrirung des Scheitels des zu messenden Winkels geschieht durch ein im Oculareinsatz vorhandenes Fadenkreuz. Körperwinkel sind mikrometrisch zwar durch das Reflexionsgoniometer zu bestimmen. Diess Instrument reicht jedoch für phytotomische Zwecke nicht mehr aus.

An die bisher genannten Hilfsmittel knüpfen sich

6. Zeichnungsapparate. Es ist nicht genug, dass man sich von dem Objecte der Untersuchung eine vollständige klare Anschauung auf die angegebene Weise zu verschaffen sucht, sondern dass man die gewonnene Auffassung mit allem Detail und in derselben Klarheit auch zu erhalten, wiederzugeben und Andern anschaulich zu machen im Stande ist. Durch Fassung in Begriffe, durch Beschreibungen u. s. w., erreicht man diess nur theilweise und häufig unvollkommen. Das beste Mittel bleiben immer graphische Darstellungen und Zeichnungen.

Man muss ein geübter Zeichner sein, um das Gesehene naturtreu wiederzugeben. Die Zeichnungen aus freier Hand sind selbst von dem begabtesten Darsteller hie und da noch häufig mangelhaft und durch die eigene Phantasie verändert, die Massverhältnisse, wo der Gegenstand weniger einfach ist, meist unrichtig.

Um allen diesen Fehlern zu begegnen und auch weniger geübten und befähigten Zeichnern dieses Geschäft zu erleichtern, ja es sogar mit sclavischer Treue möglich zu machen, hat man mehrere Instrumente erfunden. Hieher gehört vor allem der Sömmering'sche Spiegel, ein kleines nicht viel mehr als 1 Quadrat-Linie grosses ovales Metallspiegelchen, das unter einem Winkel von 45° vor das Ocular des Mikroskops gestellt dem Auge den vergrösserten Gegenstand sehr scharf erblicken lässt. Auf einem in der Entfernung von sechs bis acht Zoll dahinter gelegten Papier kann man bei gehöriger Mässigung des Lichtes denselben Gegenstand eben so klar projectirt sehen und ihn mit einer Bleistiftspitze nachzeichnen. Für die Handhabung des Bleistiftes ist es erwünscht, das Blatt Papier nicht senkrecht sondern horizontal vor sich liegen zu haben. Diess macht aber eine verticale Stellung des Oculars nothwendig. In den neueren Plössel'schen Mikroskopen wird diess durch ein in die Röhre desselben einzusetzendes Glasprisma bewerkstelligt.

Denselben Zweck erreicht man auch durch das Zeichenprisma, welches man statt des Spiegels vor dem Ocular des Mikroskops anbringt. Es steht jedoch dem Spiegel an Wirksam-

keit nach. Dagegen verdient Hagenow's Dikatopter alle Empfehlung.

Für kleinere Vergrösserungen, welche durch Loupen bewirkt werden, stellt sich die Anwendung der Wallaston'schen Camera lucida zum Zeichnen als sehr vortheilhaft heraus.

7. Chemischer Apparat. Der Pflanzenphysiolog bedarf einen chemischen Apparat in seiner grössten Ausdehnung, dem Anatomen hingegen genügt ein mikrochemischer Apparat. Der Pflanzenanatom erreicht durch blosse mechanische Theilung und Vergrösserung der Pflanzensubstanz den Zweck, ihre Natur und Zusammensetzung kennen zu lernen, in der Regel nur halb. Eines der wichtigsten Mittel, welches ihm genauere Aufschlüsse hierüber gibt, ist die Anwendung chemischer Reagentien, wodurch er sie theilweise verändert, und sowohl ihrer Natur nach kennen lernt, als für die Anwendung des Mikroskopes zugänglicher macht.

Mit Uebergehung aller jener zu chemischen Analysen und anderweitigen chemischen Untersuchungen nothwendigen einfachen und zusammengesetzten Stoffen sind dem Mikroskopisten dennoch gewisse chemische Körper für seine Untersuchungen unumgänglich nothwendig. Ich gebe hier nur ein Namensverzeichniss derselben, ohne in ihre Anwendung einzugehen. Sie sind: 1. destillirtes Wasser, 2. Alkohol, 3. Aether, 4. Jodtinctur, 5. Jodlösung (1 Gran Jod, 3 Gran Jodkalium, 1 Unze dest. Wasser), 6. Chlorzink-Jodkalium (Zink in Salzsäure aufgelöst und die Lösung unter Berührung mit metallischem Zink bis zur Syrupsconsistenz abgedampft und darin Jodkalium bis zur Sättigung aufgelöst. Dem Ganzen wird Jod zugesetzt und die Lösung, wenn es nöthig ist, mit Wasser verdünnt), 7. Jod in Substanz, 8. concentrirte Schwefelsäure, 9. verdünnte Schwefelsäure, 10. Salpetersäure, 11. Chlorwasserstoffsäure, 12. Essigsäure, 13. Aetzkali, 14. Ammoniak, 15. chlorsaures Kali, 16. kohlensaures Natron, 17. Chlorcalcium, 18. Olivenöl, 19. Canadabalsam, 20. Gallussäure, 21. Citronenöl, 22. Eisenchlorid, 23. Ferrocyankalium u. m. a. Dazu kommen noch chemische Geräthschaften, wie Eprouvetten, Uhrgläser, Kolben, Retorten und

allerlei andere im Einzelnen nicht leicht zu bezeichnende Glaswaaren, eine Berzelius'sche Lampe, andere Glaslampen, cubicirte Röhren verschiedener Grösse, Reibschalen, eine chemische Wage, eine Krämerwage, eine pneumatische Wanne u. s. w.

8. Physikalischer Apparat. Mit den vorigen Hilfsmitteln gehen Hand in Hand mehrere physikalische Apparate, deren sich der Pflanzenanatom und noch mehr der Pflanzenphysiolog durchaus nicht entschlagen kann. Als erstes und wichtigstes Instrument ist zu nennen eine Luftpumpe. Sie dient dem Anatomen, um die in Pflanzentheilen in kleinsten Mengen vorhandene Luft, ohne dieselben zu verändern, zu entfernen, und sie durch Flüssigkeiten zu ersetzen. In den meisten Fällen wird man diesen Zweck aber durch eine viel einfachere Vorrichtung erreichen, als durch die kostspielige Luftpumpe. Ich bediene mich zu diesem Zwecke seit vielen Jahren eines 10—12″ langen und 10—12‴ weiten, an einem Ende zugeschmolzenen Glasrohres, in dessen Innerm ein luftdicht schliessender und mit einem Ventile versehener Kolben mittels eines Stabes auf und ab bewegt werden kann. Fig. 1. Gibt man nun in das

Fig. 1.



Rohr Wasser und taucht in dasselbe den zu untersuchenden Pflanzentheil ein, so genügt meist ein einziger Zug nach auswärts, um die meiste Luft aus dem Gegenstande und dem Wasser in Form von zahlreichen Bläschen herauszupumpen, und in jenem statt der ausgetretenen Luft Wasser zu injiciren. Ein sonst undurchsichtiges Laub- oder Blumenblatt wird, auf diese Weise behandelt, augenblicklich durchscheinig. Eine Wiederholung der Operation befreit jeden kleineren lebenden Pflanzentheil ganz und gar von Luft, und macht ihn für eine anatomische Untersuchung erst vollständig geeignet. Ich nenne diese Art von Pumpe Injectionspumpe. Ihre Form zeigt der beifolgende Holzschnitt.

Eben so darf es besonders bei physiologischen Forschungen an Thermo-, Baro-, Psychrometern u. s. w., an elektro-magnetischen Apparaten, an Eudiometern, worunter Regnault's Eudiometer obenan steht, nicht fehlen.

9. Präparaten-Sammlung. Gut gelungene anatomische Präparate sollen nicht nur ganz oder theilweise durch Zeichnung fixirt werden, sondern es ist wünschenswerth, dass sie, wenn möglich, in natura conservirt und zu weitern Demonstrationen benützt werden. Zu diesem Zwecke hat man mehrere Methoden erdacht, die jedoch keineswegs dem Zwecke vollkommen entsprechen. Die anatomischen Gegenstände werden stets zwischen zwei Glasstreifen gelegt, und um sie vor dem Austrocknen zu bewahren, mit Oelsüss oder mit salzsaurem Kalk (1 Theil trockner salzsaurer Kalk und 3 Theile dest. Wassers) befeuchtet. Am besten bewahrt man sie unverändert im Wasser; man hat hierbei aber nur einen hermetischen Verschluss der Glasstreifen anzubringen, was nicht so leicht gelingt, und durch eine Asphaltlösung in Terpentin noch am besten bewerkstelliget wird.

Präparate fossiler Pflanzen sind auf eine andere Weise als von recenten anzufertigen. Sind sie aber einmal gemacht, so ändert sich im Laufe der Zeit nichts mehr daran, und ihre Erhaltung bedarf keiner besonderen Mittel.

10. Physiologisches Herbarium. Viele Gegenstände, die auf Anatomie und Physiologie der Pflanzen Bezug haben, lassen sich in Weingeist, Salzwasser u. s. w., oder getrocknet und zwischen Papier gepresst aufbewahren und wohlgeordnet zusammenstellen. Ich bezeichne eine solche Sammlung mit dem Ausdrucke physiologisches Herbarium. Dahin gehören z. B. eine Holz- und Rindensammlung nach den verschiedenen Stadien der Entwicklung, parasitische Pflanzen mit ihren Unterlagen, Pflanzen nach ihren Altersstufen zusammengestellt, Missbildungen und Auswüchse jeder Art, Pflanzen und ihre Theile im Frühlings-, Sommer-, Herbst- und Winterkleide, Farbenabänderungen, Verkümmerungen, Bastarde u. s. w. Es ist jedoch nöthig, bei der Einsammlung solcher Gegenstände die betreffenden Untersuchungen sogleich vorzunehmen, sie wo möglich durch Beschreibung und Zeichnung zu fixiren und diese den Originalien beizulegen. Solche

Herbarien werden auch auf den bis jetzt noch ziemlich trostlosen Zustand anderer Herbarien nicht ohne Wirkung bleiben.

Das letzte und wichtigste Hilfsmittel zum Studium der Anatomie und Physiologie der Pflanzen ist

11. die Literatur, d. i. der Complex der literarischen Hilfsmittel. Sie enthalten in ihrem ganzen Umfange die Erfahrungen und die Resultate der Forschung Anderer. Es genügt hier nicht, ein oder das andere Buch zu nennen, welches auf der Höhe der Wissenschaft steht und als Anknüpfungspunct, als Vorbild für weitere Forschungen dienen kann. In der Wissenschaft gibt es keinen Stillstand, keine Vollendung, sondern eine nach verschiedenen Seiten erfolgende Ausbildung der Gedanken. Nur ein Blick auf die Literaturgeschichte, in welcher wir mit dem Gange der Wissenschaft bekannt werden, mag uns hierin befriedigen. Es wird demnach eine sehr kurzgefasste Literaturgeschichte, in welcher die Namhaftmachung der einschlägigen Werke und Schriften die Hauptsache ist, hier gewiss nicht am unrechten Orte sein. Auf Vollständigkeit kann hier kein Anspruch gemacht werden. In der aphoristischen Behandlung benützte ich mehrere Vorbilder.

H. v. Mohl, Mikrographie, oder Anleitung zur Kenntniss und zum Gebrauche des Mikroskops. 1846. 8. 6 Taf.

H. Schacht, Das Mikroskop und seine Anwendung für Pflanzen-Anatomie und Physiologie. 1851. 8. 6 Taf.

Zur Geschichte der Anatomie und Physiologie der Pflanzen.

Der Entwicklungsgang der Anatomie und Physiologie der Pflanzen umfasst bereits mehrere wohl zu unterscheidende Perioden, von denen jede sich durch die Richtung der gestellten Aufgaben, so wie durch die zur Lösung derselben angewandten Methoden charakterisirt. Von den unscheinbaren Anfängen im Alterthume, wo sich die anatomischen und physiologischen Betrachtungen weder unter sich, und kaum noch von den übrigen botanischen Disciplinen unterscheiden, bis zu der Ausbildung, die sie in unseren Tagen erlangten, lässt sich jener Stufengang, der in der Geschichte der Wissenschaft überhaupt bemerklich ist, auch hier wieder finden.

So eng verbunden und verschwistert auch diese beiden Theilwissenschaften der Botanik sind, und so einflussreich der Gewinn der einen auf die Ausbildung der andern stets war, so halte ich es doch für diese übersichtliche Darstellung erspriesslich, den Entwicklungsgang jeder für sich, und zwar von jenem Zeitpuncte an zu betrachten, wo sich beide deutlich von einander zu sondern anfingen.

I. Epoche.

Anfänge der Wissenschaft im Alterthume.

Nur bei dem gebildetsten Volke des Alterthumes, den Griechen, sind die ersten Keime der Pflanzenanatomie und Physiologie zu suchen. Aus den nach und nach volksthümlich bekannt gewordenen Pflanzen haben Wurzelgräber (ῥιζοτόμοι) und Arzneihändler (φαρμακοπῶλαι), so wie Landwirthe, Georgiker oder Geoponiker

genannt, die ersten rohen Kenntnisse vom Baue und der Beschaffenheit der Pflanzen verbreitet, die theils gesammelt, theils mit speculativen Forschungen verwebt Gegenstand wissenschaftlicher Ueberlieferungen wurden.

Folgende Schriften können als die wichtigsten hier namhaft gemacht werden:

Androtion schrieb ein Werk über den Ackerbau, welches verloren ging. Es geschieht darin schon der Nothwendigkeit des Beschneidens des Oelbaumes und der Myrthe Erwähnung. (Zeitalter ungewiss.)

Diokles von Karystos hinterliess ein Rhizotomikon.

Chares von Paros und Apollodorus aus Lemnos schrieben über den Landbau (περὶ γεωργίας).

Menestor spricht vom Pflanzensafte (ὀπόν), vom Einflusse des Bodens auf die Pflanze, von ihrer Temperatur u. s. w.

Kleidemos (440 v. Chr.) stellte mehrere agronomische Thesen auf. Ihm verdanken wir die Bemerkung, dass aus überreicher Nahrung Krankheiten an Feigen, Oelbäumen und Weinstöcken entstehen.

Empedokles von Akragas, welcher um 444 v. Chr. blühte, hat nur wenige phytologische Bruchstücke in einem Gedichte hinterlassen. Diese beziehen sich auf die Entstehungsweise und die Natur der Pflanzen. Letztere sollen gliedweise ihren Ursprung genommen haben und die Glieder sich zu einem Ganzen vereiniget haben. Die vier Wurzeln der Dinge (Elemente) haben sich auch in den Gewächsen ausgeprägt und sie beseelt. Dunkle Vorstellungen über ihre Geschlechtlichkeit.

Anaxagoras von Klazomene, Philosoph der jonischen Schule (500 bis 428 v. Chr.), liess die Pflanzen aus einem allgemeinen in der Luft verbreiteten Samen der Dinge, den qualitativ verschiedenen Urstoffen (Homöomerien) entstehen, und schreibt ihnen ein den Thieren ähnliches Leben (Athem) zu. Ebenfalls nur mit Philosophemen über ihre Entstehung befasste sich

Diogenes von Apollonia. Faulendes Wasser mit Erde

vermischt sei ihre Grundlage. Da sie nicht hohl sind und daher keine Luft aufnehmen können, muss ihnen die Erkenntniss mangeln. — Wichtig ist der Ausspruch des Philosophen

Hippon aus Region oder Melos, dass der Unterschied der zahmen und wilden Pflanzen erst durch die Cultur entstehe und bei Vernachlässigung wieder verschwinde.

In bestimmter Richtung und in grösserer Ausführlichkeit behandelt eine kleine Schrift: »Von der Natur des Fötus,« von einem unbekannten Verfasser, dem

Pseudo-Hippokrates (424 v. Chr.) des E. Meyer — pflanzenphysiologische Gegenstände. Er beschreibt ziemlich genau den Keimungsprozess des Samens und bezeichnet die Bedingungen desselben. Eben so wird das Wachsthum auf seine wesentlichen Momente zurückgeführt. Zur Bildung der Frucht ist eine stärkere Bewurzelung nothwendig, und das Gewächs bekommt »weitere Adern nach oben wie nach unten zu, und jetzt zieht es aus der Erde nicht mehr blos Wässeriges an, sondern auch Dichteres, Festeres in grösserer Menge, was dann von der Sonne erwärmt in die Spitzen der Zweige treibt und Frucht wird nach Beschaffenheit dessen, woraus sie ward.«

Auch der Unterschied der Fortpflanzung durch Samen und Stecklinge wird mit vieler Kenntniss der Erfahrung angegeben. Ueber die Natur des Pfropfreises äussert er sich folgendermassen: »Bäume, die als Augen von andern Bäumen übertragen wurden und auf denselben zu Bäumen erwuchsen, gleichen in ihrer Lebensweise und Frucht nicht denen, auf die sie übertragen wurden, was auf folgende Art zugeht: Zuerst fängt das Auge an zu treiben, denn anfangs hat es noch Nahrung von dem Baume, von dem es genommen ward, so wie von dem, auf den es übertragen ward. Nachdem es aber getrieben, sendet es zarte Wurzeln von sich aus in den Baum, und nimmt nun zuerst von der Nässe des Baumes, auf den es übertragen ward; mit der Zeit aber sendet es Wurzeln in die Erde durch den Baum hindurch, auf den es übertragen ward, und nimmt, aus der Erde anziehend, sich die Nässe, die ihm zur

Nahrung dient; daher man sich nicht wundern darf, wenn gepfropfte Bäume zweierlei Frucht tragen, denn sie leben (beide unmittelbar) von der Erde. So viel über die Bäume und über die Früchte, weil ich die halb vollendete Rede nicht abbrechen konnte.«

Wer erkennt hierin nicht die ganze, von Aubert du Petit-Thouars aufgestellte Lehre vom Wachsthume des Baumstammes in die Dicke!

Auch von Demokritos von Abdera (460 bis 360 v. Chr.) sind alle Schriften verloren gegangen. Wir wissen nur so viel, dass er schnellwüchsigen, kurzlebigen Pflanzen gerade Adern zuschrieb, durch welche der Saft und im Winter die Kälte rascher eindringe. Uebrigens legte er den Gewächsen, wie Empedokles und Anaxagoras, Verstand und Einsicht bei.

Platon (429 bis 347 v. Chr.) hat wenig auf unsern Gegenstand Bezügliches in seinen philosophischen Schriften geäussert. Im Timäos kommt folgende merkwürdige Stelle vor: »Nachdem aber alle Theile und Gliedmassen des sterblichen Wesens (des Menschen) zusammengewachsen waren und die Nothwendigkeit es mit sich brachte, dass es im Feuer (Licht und Wärme) und wehender Luft leben musste, und es darum von diesen aufgelöset und entleert hinschwand (also der Nahrung zum Ersatz des Geschwundenen bedurfte), bereiteten die Götter ihm eine Hilfe, denn sie schufen eine mit der menschlichen verwandte Natur, andere Gestalten und Empfindungen ihr beimischend, so dass es ein anderes lebendiges Wesen ist, nämlich die jetzt milden Bäume und Pflanzen und Samen, die vom Landbau erzogen, sich zahm gegen uns verhalten; ehedem aber gab es blos die wilden Arten, die älter als die milden sind.«

Aristoteles von Stageira (384 bis 321 v. Chr.) verdankt die Botanik ihre erste wissenschaftliche Gestaltung, doch ist seine »Theorie der Pflanzen« verloren gegangen. Nur zerstreute Stellen seiner zahlreichen übrigen Werke naturwissenschaftlichen Inhaltes lassen uns die Grösse des Verlustes ermessen. Die in denselben vorhandenen phytologischen Fragmente beziehen sich nach Wim-

mer: 1. auf die Verwandtschaft des Thieres und der Pflanze; 2. auf das Leben; 3. auf das Leben und die Seele der Pflanzen; 4. auf die Eigenwärme der Pflanzen und deren Hauptwirkungen; 5. auf die Stufen des Lebens und auf den Tod; 6. auf die Organisation und die Organe der Pflanze; 7. auf die Ernährung der Pflanzen und endlich 8. auf die Erzeugung der Pflanzen.

Von Theophrastos Eresios (371 v. Chr.), dem ausgezeichnetsten Schüler des Aristoteles, besitzen wir zwei obgleich nicht ganz vollständige Werke, nämlich eine »Geschichte der Pflanzen« in neun oder zehn Büchern und ein Werk »von den Ursachen der Pflanzen« in sechs bis acht Büchern. In beiden finden sich zahlreiche auf Anatomie und Physiologie bezügliche Bemerkungen. So werden z. B. schon ἶνες (fibrae), φλέβες (venae), σάρξ (caro) unterschieden, es finden sich empirische Beobachtungen über die Dauer und Vermehrungsart der Pflanzen, auch wird das Geschlecht der Pflanzen, obgleich in unklarer Weise, erkannt. Von den zehn Büchern des ersteren Werkes handelt das erste von den Theilen der Pflanze und deren Verschiedenheiten im Allgemeinen, das zweite bis fünfte Buch von den Bäumen und Sträuchern, den zahmen und wilden, und zwar von ihrer Pflege, ihrer Lebensdauer, ihren Krankheiten u. s. w. Das sechste Buch handelt von Stauden, und zwar ebenfalls wieder von den cultivirten und wilden. Zu den ersteren gehören die für Griechenland so wichtigen Kranzpflanzen. Im siebenten und achten Buch folgen die Kräuter, d. i. die Gemüsepflanzen und die Getreidearten, ihr Anbau, ihre Entwicklung u. s. w. Das neunte Buch ist endlich den Säften und Arzneikräften der Pflanzen gewidmet.

In dem Werke »von den Ursachen der Pflanzen« enthält das erste Buch eine Uebersicht der verschiedenen Arten der Entstehung, Vermehrung und des Wachsthumes der Pflanzen, worunter der generatio spontanea, dem Pfropfen und Oculiren, der Fruchtreise u. s. w. einige Capitel gewidmet sind. Das zweite Buch handelt von den Veränderungen, welche die Pflanzen (Bäume) von aussen her erleiden, das dritte Buch von den Veränderungen durch die

Cultur. Das vierte Buch ergänzt das zweite. Das fünfte Buch handelt von dem, was den Pflanzen Unnatürliches zustosst oder durch die Kunst zugefügt wird Wie man z. B. Weintrauben ohne Kern, weisse und schwarze Trauben an einer Rebe hervorbringe. Das sechste Buch endlich handelt vom Geschmack und Geruch der Pflanzen. Auf unrichtiger Deutung beruht indess die Angabe, dass Theophrast einen botanischen Garten besass.

Von den folgenden Peripatetikern sind nur einige zu nennen, die sich mit jenen Theilen der Botanik beschäftigten. Dahin gehört:

Phanias von Eresos (340 v. Chr.), der ein Werk »von den Pflanzen« schrieb, in welchem jedoch vorzugsweise die Nahrungspflanzen behandelt werden.

Ein anderer unbekannter Peripatetiker (nicht Aristoteles) schrieb das bekannte »Buch von den Farben,« worin auch der Pflanzenfarben und der Ursachen ihrer Unterschiede gedacht ist.

Von hier an trat ein Verfall der botanischen Wissenschaft ein, der länger als ein Jahrtausend andauerte. Zuerst trifft die Schuld die alexandrinischen Gelehrten unter den Ptolemäern, die sie fast ganz vernachlässigten, und höchstens zur Dienerin der Arzneimittellehre machten, obgleich die Blüthe der ärztlichen Schulen ihr ein günstigeres Loos versprach. Haller zählt zwar in seiner Bibliothek der Botanik von Theophrastos bis auf das Zeitalter des Augustus gegen 140 griechische Schriftsteller, grösstentheils Aerzte, die über Pflanzen geschrieben haben sollen, jedoch betrifft das nur einige magere Notizen über Arzneimittel. Von selbstständigen wissenschaftlichen Forschungen findet man keine Spur. Dagegen keimte und wucherte zu keiner Zeit üppiger als damals der Glaube am Wunderbaren und Zauberhaften in der Natur. Die zahlreichen Werke über Naturmerkwürdigkeiten, *παράδοξα*, *θαυμάσια*, *ἰδιοφυῆ* u. s. w. geben davon Zeugniss. Während aus jenem Zeitalter Vieles verloren ging, hat sich gerade von dieser Literatur ziemlich viel erhalten und, wie E. Meyer richtig bemerkt, »seine verlockende umnebelnde Kraft zu unserer Beschämung bis auf den heutigen Tag bewahrt.«

Unter den phytologischen Schriftstellern des alexandrinischen Zeitalters, die meist Aerzte waren, sind indess zu nennen: Nikandros Kolophonius, der ungefähr um das Jahr 138 v. Chr. seine beiden Lehrgedichte Alexipharmaka und Theriaca und ein Gedicht über den Landbau schrieb, Cratevas (100 v. Chr.), der eine Schrift unter dem Titel: »τὰ ῥιζοτομικὰ« verfasste, Dionysios, Metrodoros, Tryphon u. s. w. — Mnesitheos der Athener (116 bis 27 v. Chr.) mit seinem Werke »περὶ ἐδεστῶν,« Hikesios mit der Schrift »περὶ ὕλης,« Mikton als Verfasser der »ῥιζοτομούμενα,« so wie viele andere Rhizotomen, Magiker und Georgiker sind in dieser Geschichte wohl ganz zu vernachlässigen.

Nur ein Mann ist hier hervorzuheben, der zwei Bücher von den Pflanzen schrieb, die man bisher für Aristotelische hielt, die aber, wie E. Meyer darthat, viel späteren Ursprunges sind. Diese Bücher pflanzenphysiologischen Inhaltes hatten ein seltenes Schicksal; sie wurden von Nikolaos Damaskenos um den Anfang der christlichen Zeitrechnung verfasst, durch Honain Ibn Ischak 809 bis 877 n. Chr. zuerst ins Syrische und dann durch Ischak Ben Honain, den Sohn des Vorhergehenden, ins Arabische übersetzt. Aus dem Arabischen übertrug sie Alfredus de Sarchel ins Lateinische und aus dem Lateinischen, da der ursprüngliche Text längst verloren ging, wurde sie nochmals ins Griechische (durch Maximus Planudes 1350) übersetzt.

Auch unter den Römern ging es mit diesem Zweige der Botanik nicht besser. Selbst in der Blüthezeit ihrer Literatur wurde, wie der Wissenschaft überhaupt, so auch dieser höchstens eine praktische Seite abgewonnen. Physiologische Kenntnisse über die Pflanzen finden sich nur als ein Vermächtniss griechischer Forschung in einzelnen agronomischen Werken zerstreut, ohne inneren Zusammenhang, ohne Keim für weitere Entwicklung. Die wichtigsten Schriftsteller sind indess:

Marcus Portius Cato Censorius (234 bis 149 v. Chr.). »De re rustica.« Von Theorie, namentlich von einer naturwissenschaftlichen Grundlage der Pflanzenbehandlung, keine Spur, als

höchstens eine auf irriger Vorstellung beruhende Regel für das Pfropfen. Staunen erregt die Menge von Varietäten, in welche viele Culturpflanzen zu jener Zeit schon zerfielen.

Cneus Tremellius Scropha, Agronom und Zeitgenosse des Cato.

Magon. Er schrieb in punischer Sprache 28 Bücher von der Landwirthschaft, die ins Griechische und nach Carthago's Fall (146 v. Chr.) auch ins Lateinische übersetzt wurden.

Marcus Terentius Varro (117 bis 26 v. Chr.). »De re rustica.« Drei Bücher. Er scheint genug selbst beobachtet zu haben, um fremde Beobachtungen würdigen zu können; ja sogar einer philosophischen Naturbetrachtung scheint er nicht so abgeneigt wie die Mehrzahl seiner Landsleute.

Publius Virgilius Maro (70 bis 19 v. Chr.). Seine Georgica so wie die Bucolica enthalten Mehreres über Baumzucht und Ackerbau.

Cajus Julius Hygius (57 v. Chr.) schrieb »de agricultura« und Sabinus Tiro's Werk »Cepurica« handelt über Gartenbau, der zu jener Zeit mit Fleiss und Geschick in Italien betrieben wurde. Auch des berühmten Architekten

Marcus Vitruvius Pollio Werk über Baukunst, das zwischen 16 und 13 v. Chr. entstand, enthielt Einiges über die Zeit der Holzfällung, über physikalische Eigenschaften der verschiedenen Holzarten und über vegetabilische Farbestoffe, was in die Pflanzenphysiologie einschlägt. Dagegen darf die Arzneimittellehre der Römer jener Zeit nicht nur für diesen Zweig der Botanik, sondern für die Botanik überhaupt als ein durchaus steriler Boden angesehen werden.

L. Junius Moderatus Colomella, als Landwirth durch sein Werk über Landbau berühmt. Durch seine Reisen im Orient hat er die Pflanzenkunde vielfach erweitert und durch Beobachtung der Culturpflanzen auch die Physiologie bereichert. Er erwähnt z. B. von Birnen 20 verschiedene Sorten.

Pedanus Dioscorides von Anazarbus in Cilicien gebürtig, zu Anfang der Regierung Nero's Arzt in Rom. Auf seinen ausgedehnten Reisen hat er viele Pflanzen gesehen und gibt davon sowohl Beschreibungen als Abbildungen. Er kann als der berühmteste Pflanzenkenner des Alterthums angesehen werden. Meist sind es aber doch nur solche, welche ihm ein pharmaceutisches Interesse abgewannen.

Cajus Plinius Secundus (23 bis 79 n. Chr.). Nur als fleissiger Sammler der älteren Literatur, als Encyklopädist berühmt. Sein oft benütztes Werk ist die »naturalis historia.«

Claudius Galenus (131 bis 203? n. Chr.). Er lebte unter den beiden Antoninen. Sein Hauptaugenmerk war Arzneipflege. Gegen die cretischen Botaniker (βοτανικοὺς ἄνδρας) hat er manches Vorurtheil glücklich bekämpft. Die Verwandlung der Getreidearten in Lolch u. s. w. wird als Gegenstand der Beobachtung behauptet.

Nach Galenus trat ein gänzlicher Verfall der botanischen Wissenschaft ein, der mit dem Hange zum Aberglauben und mit dem blinden Anhängen an das Ueberlieferte genau Schritt hielt. Das Wenige, was in dieser düsteren botanischen Zeit noch für die Geschichte der Wissenschaft von einigem Belang ist, lässt sich in folgende Bemerkungen zusammenfassen:

Die agronomischen Regeln des Talmuds geben ausserordentlich wenig sichere Ausbeute.

Lucius Apuleus, ein Zeitgenosse des Galenus, welcher »de arboribus« schrieb,

Pappus von Alexandrien im 4. Jahrhundert, Mathematiker und Geograph,

Marcellus von Bordeaux, im 5. Jahrhundert, Arzt,

Palladius Rutilius Taurus Aemilianus, römischer Landwirth, und

Kasmas, ein ägyptischer Mönch vom Anfang des 6. Jahrhunderts, der auf seinen Reisen bis Indien kam und die ersten

Pflanzenkalender lieferte, können füglich der Vergessenheit überlassen werden. Dagegen sind zu nennen:

Isidorus Hispalensis, Bischof von Sevilla (636 n. Chr.). Sein Werk »Origines« enthält im siebzehnten Buche mehreres auf Agronomie Bezügliches. Unter andern führt er an, dass in den Inseln Germaniens (Rügen) der ausschwitzende Saft der Fichte zum Electrum (Bernstein) werde — eine alte Sage, wie K. Sprengel beisetzt, zur wahrscheinlichen Erklärung seines Ursprunges.

Kassianus Bassus, der im 10. Jahrhundert eine Sammlung von Vorschriften zum Ackerbau und zur Haushaltung, unter dem Titel: γεωπονικά, verfasste, und

Simeon Seth, welcher von Michael Paphlagon (1038) vertrieben, in ein Kloster auf den thracischen Olymp floh, wo er eine kleine Schrift über die Kräfte der Nahrungsmittel (περὶ τροφῶν δυνάμεων), als Auszug des Psellus, schrieb. Der Kamphor (καμφουρά) wird da als verdickter Saft eines ungeheuer grossen Baumes in Indien angegeben.

Zum Schlusse der griechischen Schriftsteller sind noch Michael Glykas und Nikolaus Myrepsikus, beide ohne Bedeutung, anzuführen.

Nichts Besseres tauchte aus den Kloster- und Domschulen Carls des Grossen auf, obgleich daselbst Arzneikunde betrieben wurde. Ein botanisches Gedicht aus jener Zeit (»hortulus«) von Walafredus Strabo zeigt den beengten Horizont der Wissenschaft.

Indess hat sich auf einem andern Wege, nämlich durch die vertriebenen Nestorianer, immerhin noch ein Fünkchen erhalten, das durch die Herrschaft der Araber in Bagdad genährt und sogar ins Abendland verpflanzt wurde. Es beschränkte sich jedoch die ganze Kenntniss über die Pflanzen blos auf eine mangelhafte Interpretation des Dioskorides, der noch bis in's 15. Jahrhundert das Alpha und Omega aller gelehrten Erkenntniss blieb. Diesen so wie andere arabisirte Griechen hatten nunmehr die Bettelmönche, als die Träger der Gelehrsamkeit und der Heilkunde, in den Schulen der Araber in Spanien kennen gelernt, Uebersetzungen bewerkstelligt und

so wieder die ersten Keime für eine wissenschaftliche Begründung der Pflanzenkunde gelegt.

Wie wunderbar und seltsam dieselbe jedoch zu jener Zeit aussah, mag ein Beispiel aus den »Libris physicis« der heiligen Hildegardis, Aebtissin zu Bingen (1099—1179), zeigen. Von dem damals sehr berichtigten Farnkraute gibt sie folgende physiologisch - anatomische Merkwürdigkeiten an: »Filix valde calida est et arida et modicum succum in se habet, sed multam virtutem in se tenet et talem virtutem, quod diabolus ipsam fugit. — Jam in loco illo, ubi crescit, diabolus illusiones suas raro exercet, et domum et locum in quo est, diabolus devitat et abhorret, et fulgura et tonitrua et grando ibi raro cadunt. Sed et hominem, qui eam apud se portat, magica et invocationes daemonum et diabolica verba et alia phantasmata devitant.«

Auf einer bei weitem höheren Stufe erhob sich der in der gelehrten Schule zu Padua gebildete Dominicanermönch Albertus Magnus (Graf von Bolstätten). »Ausgebreitete Kenntniss, strenge Methode, prüfendes Urtheil und eine vorzügliche Gabe der Beobachtung« zeichnen ihn aus. Im Ganzen dem Pseudo-Aristoteles folgend, tragen seine naturphilosophischen Forschungen den Charakter lebhafter Auffassung und einer tiefen Durchschauung der Natur der Pflanze. Das Wichtigste, Anatomie und Physiologie betreffende aus seinen Schriften ist Folgendes: Erste Beobachtung über den Pflanzenschlaf und über Transpiration. Erkennen einer entfernten Analogie des Geschlechtes der Pflanzen mit dem Geschlechte der Thiere. Er behauptete, die Pflanzen stehen auf verschiedenen Stufen der Vollkommenheit. Für die Wandelbarkeit der Pflanzenarten werden neue Beweise beigebracht.

Der Pflanzensaft wird durch eigene Saftwege, die er Venen nennt, die aber mit den thierischen Venen nichts gemein haben, fortgeleitet von Knoten zu Knoten und dabei immer mehr veredelt. Die gerade aufsteigenden Venen bilden krautartige oder holzige sich deckende Lagen (tunicae) — unsere Jahresringe, die vom Marke nach der Oberfläche verlaufenden Venen sind unsere Mark-

strahlen. Das Mark wird für den Sitz der geistigen Lebensthätigkeit der Pflanzen gehalten. Die Rinde gleicht dem Felle der Thiere und ist eine innere und äussere. Das materiale Fleisch zwischen den Venen ist unser Parenchyma und gleicht dem Fleische der Thiere. Das siebente Buch über Agronomie ist aus Palladius geschöpft.

Albertus Magnus lebte vom Jahre 1205 oder 1193 bis 1280. Seine physischen und metaphysischen Schriften erschienen durch Zimara von 1517 — 1519 in Padua, später unter dem Titel: B. Alberti Magni, Ratisbonensis Episcopi, Ordinis Praedicatorum opera etc. Studio et labore P. Jammy, 1651, wo der fünfte Band »de vegetabilibus« in sieben Büchern handelt.

Auf Albertus Magnus folgte Peter de Crescentiis. Sein Werk: »Opus ruralium commodarum« enthält zum Theil eigene Beobachtungen. Von Verwandlungen der Eichen in Weiden und Pappeln ist wieder die Rede. Die Einsaugung der Blätter geschehe durch Poren u. s. w.

Nun kam die Zeit der »Mirabilia,« der Kräuterbücher und der »hortus sanitatis,« welche zwar von der auf eigenem Wege versuchten Erforschung der Pflanzen schöne Zeugnisse ablegen, die jedoch für die Anatomie und Physiologie derselben ganz unfruchtbar blieben. Es musste für sie erst die Erfindung der Mikroskope vorausgehen.

II. Epoche.

Begründung der Pflanzenanatomie und Pflanzenphysiologie.

Von der Erfindung des Mikroskopes (1660) bis zum Anfang des neunzehnten Jahrhunderts (1800).

Erst die Erfindung des Mikroskopes machte eine bis in die kleinsten Theile gehende Untersuchung des Pflanzenkörpers möglich. Die Anwendung dieses Instrumentes zur Erforschung der Pflanzenstructur führte von Entdeckungen zu Entdeckungen, die sich in dem Fortschritt einer eigenen Literatur zu erkennen geben. Nur die wichtigsten und einflussreichsten Schriften können hier ge-

nannt und ihr Inhalt kurz angegeben werden. Die neue Richtung, welche die allgemeine Pflanzenkunde nahm, wurde indess schon vor der Erfindung des Mikroskopes durch mehrere Beobachtungen vorbereitet.

A. Anatomie.

Ad. Spiegel (Spigelius), Isagoges in rem herbar. Libri duo. Patavii, 1606. 4.

Beobachtete die Verschiedenheit von Milchsaft und rohem Nahrungssaft.

Nat. Henshaw, Birch, hist. of roy. soc. Vol. I. p. 37.

Entdeckte 1661 die Spiralgefässe.

Martin Lister († 1711), Birch, hist. of roy. soc. Nr. 6 p. 79, Nr. 7, p. 90.

Entdeckte die Milchsaftgefässe. Untersuchungen über Saftbewegung.

Robert Hooke, Micrographia or some physiolog. descriptions of minute bodies made by magnifying glasses etc. Lond. 1667. fol.

Verfertigte 1660 das erste Mikroskop, nachdem Cornel. Drebbel und Zach. Jansen schon im Jahre 1620 die ersten Vergrösserungsgläser schliffen. Entdeckte den zelligen Bau der Pflanzen, suchte die Reizerscheinungen der Mimosa pudica zu erklären.

Nehemiah Grew, M. D. († 1711), The anatomy of Plantes with an Idea of a Philosophical History of Plantes. 1682. fol.

Idem, The anatomy of vegetables. 1672. 12. ic.

Anatomische Elementartheile der Gewebe. Spaltöffnungen. Bau des Stammes. Holzlagen. Geschlecht der Pflanzen. (Erster Professor der Phytotomie.)

Marcellus Malpighi, Opera omnia figuris elegantissimis in aes incisis illustrata. I. II. 1686. (Anatomes plantar. Idea 1671.)

Gute anatomische Darstellungen, Markstrahlen, Harzgänge u. a. m.

Fontenelle, Hist. de l'Acad. de scienc. Paris, 1711.

Sbaraglia, Oculorum et mentis vigiliae. 1704. 4.

Beide gegen den Werth der Mikroskope.

Ant. v. Leeuwenhoek (1632—1723), Arcana naturae, ope et beneficio exquisitissimorum microscopiorum detecta, variisque experimentis demonstrata. 1695. 4.

Treppengänge, punktirte Gefässe, Keimen der Samen, Krystalle in den Zellen beobachtet.

Ch. Wolff, Vernünftige Gedanken von den Wirkungen der Natur. 1723. 8.

Nicht selbstständige Forschungen.

G. C. Reichel, De vasis plant. spiralibus Dissertatio. 1758. 4. 1 tab.

J. H. D. Moldenhawer, Dissertatio anatomica de vasis plantarum speciatim radicem herbamque adeuntibus D. 1779. 4.

Ohne grossen Werth.

Stephan Guettard, Mém. de l'Acad. des scienc. de Paris. 1768—1783.

Behauptet, die Spaltöffnungen seien Drüsen.

Joh. Hedwig, De fibrae vegetabilis et animalis ortu. Programma academ. 1789. 4.

A. Comparetti, Prodromo di fisica vegetabile. 1791—1799. 8. 2 vol.

John Hill, The construction of timber, from its early growth; explained by the microscope and proved from experiments in a great variety of kinds. 1770. Fol. 43 Tab.

Von geringem Belang, obgleich schön ausgestattet.

B. Physiologie.

Daniel Major, Dissertatio botanica de planta monstrosa Gottorpiensi mensis Junii anni 1665, ubi quaedam de coalescentia stirpium et circulatione succi nutritii per easdem proferuntur etc. 1665. 4. 2 tab.

Ueber Bewegung der rohen Säfte, ohne Kenntniss der Organe.

Edme Mariotte, Premier essay de la végétation de plantes etc. 1679. 12.

Dionysius Dodart, Mémoires pour servir à l'histoire des plantes. 1679. Fol. 38 Tab.

Claude Perrault, Sur la circulation de la sève des plantes. Hist. de l'Acad. de scienc. Paris, 1709.

Peter Magnol, Hist. de l'Acad. des scienc. Paris, 1709.

Entdeckte das Aufsteigen gefärbter Flüssigkeiten in Spiralgefässen.

Stephen Hales, Statical essays. Vol. I. Veretable staticks, or an acount of some statical experiments on the sap in vegetables etc. 1727. 8. 19 tab.

Durch die befolgte Methode für lange Zeit das wichtigste Werk.

Sarrabat de la Baisse, Dissertation sur la circulation de la sève dans des plantes. 1733. 12.

Preisschrift über Aufsteigen gefärbter Flüssigkeiten.

Ch. Bonnet, Recherches sur l'usage des feuilles dans les plantes etc. 1754. 4. 31 tab.

Ueber Verrichtungen der Blätter viele gute Versuche.

Du Hamel du Monceau, La physique des arbres etc. 1758. II. vol. 4.

Ueber Wachsthum des Stammes, Rinde, Holz, Knospen, Saftbewegung.

Casp. Fried. Wolf, Theoria generationis. 1759. 4. tab. 2.

Für die Pflanzenphysiologie ausgezeichnet, oft missverstanden.

Martin van Marum, Dissertatio philosophica inaug. de moto fluidorum in plantis experimentis et observationibus indagato. 1773. 4.

Ueber die Organe der Saftbewegung.

Idem, Lettre à Ingenhouss sur l'action des vaissaux des plantes. (Rosier, Journal de phys. 1792. 4.)

Martin van Marum, Einige Erfahrungen und Beobachtungen über die Thätigkeit der Pflanzengefässe, durch die das Steigen und die Bewegung ihres Saftes bewirkt wird. (Grens Journal der Phys. B. VI., 360.)

Bonav. Corti, Osservazioni microscopiche sulla Tremella e sulla circolazione del fluido in una pianta acquajuola (Chara). 1774. 8. 3 tab.

Entdeckung der Saftbewegung in den Zellen.

Idem. Lettera sulla circolazione del fluido scoperta in varie piante. 1775.

Jos. Gottl. Koelreuter, Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen. 1761—1766. 8.

Idem, Ueber Geschlecht der Pflanzen, Bastardirung u. s. w. Das entdeckte Geheimniss der Kryptogamie. 1777. 8.

Joh. Ingenhousz, Experiments upon Vegetables, discovering their great power of purifying the comon air in the sunshine, and of injuring it in the shade and at night. 1779. 8. 1 Tab.

Entdeckung der Assimilation der Kohlensäure der Luft.

Joh. Hedwig, Theoria generationis et fructificationis plantarum crypt. Linnéi 1784. 4. 37 Tab.

Reich an Beobachtungen.

P. Mustel, Traité théorétique et pract. de la végétation contenant plusieurs expériences nouvelles et démonstratives sur l'économie végétale et sur la culture des arbres. 1781 — 1784. 4 Vol.

Fr. v. P. Schrank, Vom Pflanzenschlafe und von verwandten Erscheinungen bei Pflanzen. 1792. 8.

Alex. v. Humboldt, Florae Fribergensis specimen plantas cryptogamicas praesertim subterraneas exhibens. Accedunt aphorismi e doctrina physiologiae chemicae plantarum. 1793. 4. 4 tab.

Fr. v. P. Schrank. Ueber die Nebengefässe der Pflanzen und ihren Nutzen. 1794. 8. 3 Taf.

J. J. Plenk, Physiologie und Pathologie der Pflanzen. 1795.
Nichts Selbstständiges.

C. Gottl. Rafn, Udkast till en Plante-Physiologie grundet paa de nyere Begreber i Physiologie og Chemie. 1796. 8. (Entwurf einer Pflanzenphysiologie. Uebersetzt aus dem Dänischen von Markhusen. 1798, 8.)

J. Senebier, Mémoires physico-chimiques sur l'influence de la lumière solaire pour modifier les êtres de trois règnes de la nature, et surtout ceux du règne végétal. 1782. 8. III vol.

Idem, Recherches sur l'influence de la lumière solaire, pour métamorphoser l'air fixe en air pur par la végétation. 1783. 8.

Idem, Expériences sur l'action de la lumière solaire dans la végétation. 1788, 8.

Idem, Physiologie végétale etc. 1800, 8. 5 vol.
Das Anatomische nicht neu und mangelhaft.

III. Epoche.

Richtungslose Ausbildung der Pflanzenanatomie und Pflanzenphysiologie.

Vom Anfange bis zur Mitte des neunzehnten Jahrhunderts.

Der Drang nach Erweiterung der Wissenschaft und die noch unsichere Methode, so wie der Mangel einer vollständigen Uebersicht des ganzen Gebietes lässt eine auf sicherer Basis fortschreitende Erforschung der Gesammtwissenschaften noch nicht erwarten, doch werden die Keime dazu gelegt.

A. Anatomie.

F. C. Medicus. Beiträge zur Pflanzenanatomie, Pflanzenphysiologie und einer neuen Charakteristik der Bäume und Sträucher. 1799—1801. 8.
Bediente sich nicht des Mikroskopes.

Ant. Kroker, De plantarum epidermide. Dissert. Halae. 1800. 8.
Eine fleissige Arbeit.

W. Brisseau-Mirbel, Traité d'anatomie et de physiologie végétales etc. 1802. 8. Vol. II.

Kurt Sprengel, Anleitung zur Kenntniss der Gewächse. 1802—1804. 8. 3 B.

Eine Sammlung der anatomischen und physiologischen Grundlehren.

J. J. Bernhardi, Beobachtungen über Pflanzengefässe und eine neue Art derselben. 1805. 8. 2 Taf.

Gute Darstellungen.

L. C. Treviranus, Vom inwendigen Bau der Gewächse und von der Saftbewegung in demselben. 1806. 8. 2 Taf.

Erhielt ein Accessit des Preises der Göttinger Akademie.

H. F. Link, Grundlehren der Anatomie und der Physiologie der Pflanzen. 1807. 8. 6 Taf.

Erkennt die Selbstständigkeit der Zellen. Preisschrift.

Idem, Nachträge zu den Grundlehren der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1809. II. Heft. 1812. 8.

Schwankende Ansichten, kleinliche Zeichnungen.

R. A. Rudolphi, Anatomie der Pflanzen. 1807. 8. Preisschrift.

Rohe Darstellungen, ziemlich oberflächlich.

W. Brisseau-Mirbel, Exposition de la théorie de l'organisation végétale servant de réponse aux questions proposées en 1804 par la société royale de Göttingue. 1809. 8. 9 Taf.

Viel Eigenthümliches.

L. C. Treviranus, Beiträge zur Pflanzenphysiologie. 1811. 8.

Einfache, treue, unbefangene Untersuchungen.

Kurt Sprengel, Von dem Bau und der Natur der Gewächse. 1812. 8. 14 Taf.

Grosse Literaturkenntniss, aber wenige eigene Beobachtungen.

Joh. Jak. Moldenhawer, Beiträge zur Anatomie der Pflanzen. 1812. 4. 6 Taf.

Ausgezeichnete Beobachtungen, treffliche Zeichnungen.

D. G. Kieser, Mémoire sur l'organisation des plantes. 1814. 4. 22 Taf. Preisschrift der Taylor'schen Gesellschaft in Harlem.

Eine umfassende Schrift mit netten Zeichnungen.

Idem, Grundzüge der Anatomie der Pflanzen. (Elemente der Phytonomie. Th. I. Phytotomie.) 1815. 8. 6 Taf.

Das beste Handbuch seiner Zeit.

C. L. Treviranus. Ueber die Oberhaut der Gewächse. (Verm. Schriften. B. IV. 1821. 3 Taf.)

Idem, Ueber die Gefässe und den Bildungssaft der Pflanzen. (Verm. Schriften. B. I.)

Du Petit-Thouars, Histoire d'un morceau de bois, précédée d'un essai sur la sève considérée come résultat de la végétation etc. 1815. 8. 2 Taf.

Die Knospen sollen durch absteigende Gefässe, die bis in die Wurzeln gehen, zum Theil das Holz bilden.

D. G. Kieser, Ueber die ursprüngliche und eigenthümliche Form der Zellen in den Pflanzen. (Nov. Acta Acad. N. C. IX. 1818.

G. B. Amici, Osservazioni microscopiche sopra varie piante. (Mem. di matem. e di fisica della società ital. T. XIX. 1822. 4. 6 Tab.

C. Meyer, Ueber die Metamorphose der Spiralgefässe. (Flora 1822. 1. 2.)

Guillemin, Recherches microscopiques sur le Pollen et considérations sur la génération des plantes. (Ann. d. scienc. nat. 1825.)

P. de Candolle, Note sur les raphides ou poils microscopiques intérieurs. (Mém. d. l. soc. d. Phys. et d'hist. nat. de Genève. T. III. P. 2.)

H. F. Link. Einige Bemerkungen über den innern Bau der holzigen Farnkräuter. Linnaea, 1826.

Robert Brown, Kurzer Bericht von den mikroskopischen Beobachtungen über die in den Pollen der Pflanzen enthaltenen Körperchen und über das allgemeine Vorkommen selbstbe-

weglicher Elementartheilchen in organischen und unorganischen Körpern. Angestellt in den Monaten Junius, Julius und August 1827. Uebersetzt von C. G. Nees v. Esenbeck. (Rob. Brown's vermischte botanische Schriften, herausg. von C. G. Nees v. Esenbeck. B. IV. 1830.)

Adolph Brongniart, Mémoire sur la Génération et le Dévéloppement de l'Embryon dans les végétaux phanérogames. (Ann. d. scienc. nat. 1827.) Erhielt den Montyonischen Preis. Uebersetzt von L. Becks. (Rob. Brown's verm. bot. Schriften, herausg. v. C. G. Nees v. Esenbeck. B. IV. 1830.)

H. Mohl, Ueber den Bau und das Winden der Ranken und Schlingpflanzen. Eine gekrönte Preisschrift. 1827. 4 13 Taf.
 Mit vielen neuen Beobachtungen.

W. Brisseau-Mirbel, Mémoire sur l'origine, le dévéloppement et l'organisation du liber et du bois (Mém. d. Mus. XVI. 1828).

M. Adolph Brongniart, Nouvelles recherches sur le Pollen et les granules spermatiques des végétaux. (Ann. d. scienc. nat. 1828.)

H. Mohl, Ueber die Poren des Pflanzenzellgewebes, mit 4 Kupfertafeln. 1828. 4. 4 Taf.
 Ex ungue leonem!

F. J. F. Meyen, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über den Inhalt der Pflanzenzellen. 1828 8.
 Eine kleine Schrift von geringem Belange.

Heis, über die Struktur der Pflanzenzellen. (Isis, 1828.)

L. W. Th. Bischof, De vera vasorum plantarum spiralium structura et functione Commentatio. 1829. 8. 1 Tab.
 Gute Beobachtungen.

A. Brongniart, Recherches sur la structure des tiges des Cycadées. (Ann. d. sc. nat. 1829.)

W. Brisseau-Mirbel, Nouvelles recherches sur l'organisation sur dévéloppement de l'Embryon des végétaux. (Ann. d. scienc. nat. 1829.) Uebersetzt von C. G. Nees v. Esenbeck. (Rob.

Brown's verm. bot. Schriften, herausg. v. N. v. E. Band IV. 1830.)

Rob. Brown, Additional remarks on active Molecules. Uebersetzt von C. G. Nees v. Esenbeck. (Rob. Brown's verm. bot. Schriften, herausg. von N. v. E. Band IV. 1830.)

J. Purkinje, De cellulis antherarum fibrosis. 1830. 4. 18 Tab. Ohne besonderen Werth.

H. Mohl, Ueber die fibrösen Zellen der Artheren. Flora. 1830.

F. J. F. Meyen, Historisch-physiologische Untersuchungen über selbstbewegliche Molecüle der Materie, mit 1 Tafel. (Rob. Brown's vermischte bot. Schriften, herausg. von C. G. Nees v. Esenbeck. Bd. IV. 1830.)

Eine fleissige Sammlung des Bekannten mit vielen Irrthümern.

Idem, Phytotomie. 1830. 8. 14 Taf.

Viel Neues und Brauchbares.

C. A. Agardh, Lärobok i Botanik. 1829—30. 8. 4 Tab. Lehrbuch der Botanik, übersetzt von E. Meyer. 1831.

Manches Eigenthümliche.

H. Mohl, Ueber den Bau der grossen getüpfelten Röhren von Ephedra. Linnaea, 1831. 1 Taf.

Adolph Brongniart, Recherches sur le mode de fécondation des orchidées, des cistinées et des asclépiadées. (Ann. d. scienc. nat. 1831.) Uebers. von C. G. Nees v. Esenbeck. (Rob. Brown's verm. bot. Schriften. B. V. 1834.)

Neue, gute Beobachtungen.

Robert Brown, Observations on the organs of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae. For Distribution. London 1831. Uebers. von C. G. Nees v. Esenbeck. (Rob. Brown's verm. bot. Schriften, herausg. von C. G. Nees v. Esenbeck. B. V. 1834.)

Schauer, Vergleichende Zusammenstellung aller über die Befruchtungsweise der Asclepiadeen bisher aufgestellten Theorien und erwiesenen Thatsachen. Mit besonderer Rücksicht auf die

Arbeiten deutscher Botaniker. (Rob. Brown's verm. bot. Schriften. B. V. 1834.)

Joh. Schychowsky, De fructus plantarum Phanerogamarum natura. Dissertatio inauguralis. Dorpati Livonarum 1832. 8.

Compilation.

C. H. Schulz, Natürliches System des Pflanzenreiches nach seiner inneren Organisation etc. 1832. 8. 1 Taf.

Erläuterung der Structur des Stengels der Piperaceen und Nyctagineen, sonst falsche Darstellungen.

H. Mohl, Ueber den Bau des Cycadeen-Stammes und sein Verhältniss zu dem Stamme der Coniferen und Baumfarn. (Abhandlungen der k. b. Akad. der Wissensch. Bd. X. 1832. 4. 3 Taf.)

Schöne Untersuchungen, später in den vermischten Schriften umgearbeitet.

Idem, Sind die Lenticellen als Wurzelknospen zu betrachten? Flora. 1832. I.

K. Julius Fritz'sche Beiträge zur Kenntniss des Pollen. Heft I. 1832. 4. 2 Taf.

Wichtige Schrift.

H. Mohl. Einige Bemerkungen über die Entwicklung und den Bau der Sporen der cryptogamischen Gewächse. I. Abth. (Allg. botanische Zeitung.) 1833. 1.

Robert Brown, Additional observations, Supplementary Note. (Trans. of the Linnean Society. Bd. XVI. 1833.)

Idem, Supplementary observations on the fecundation of Orchidae and Asclepiadea. London. 1833.

Uebersetzt von Beilschmied in Rob. Brown's verm. bot. Schriften. Bd. V. 1834.

Hermann Krocker, De plantarum epidermide observationes. Dissert. inaug. phytotom. Vratislaviae, 1833. 4. 3 Tab.

Hinter der Zeit.

H. Mohl, Ueber die Spaltöffnungen auf den Blättern der Proteaceen. Nova Acta A. Nat. Cur. XVI. P. II. 1833.

C. F. Brisseau-Mirbel, Recherches anatomiques et physiologiques sur le Marchantia polymorpha, pour servir à l'histoire du tessu cellulaire, de l'epiderme et des stomates. (Nouv. Ann. du Mus. d'hist. nat. I. p. 93. 3 tab. 1832.)

Eine wichtige Schrift.

H. Mohl, De structura caudicis filicum arborearum. Fol. 20 Tab. (Icones selectae plant. cryptogamicarum Brasiliae autore C. de Martius. 1833.)

Idem, Beiträge zur Anatomie und Physiologie der Gewächse. Heft I. Ueber den Bau und die Formen der Pollenkörner. 1834. 4. 6 Taf.

Eine wichtige Schrift.

Idem, Ueber die Verbindung der Pflanzenzellen unter einander. Diss. 1835. 4. 2 Taf.

Idem, Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung. Diss. 1835. 4. 1 Taf.

Später in den verm. Schriften umgearbeitet.

F. J. F. Meyen, Ueber die neuesten Fortschritte der Anatomie und Physiologie der Gewächse. Eine von der Teyler'schen Gesellschaft zu Haarlem im Jahre 1835 gekrönte Abhandlung. Verhandelingen uitgegeven door Teyler's tweede Genootschap. 22. Stuk. Harlem, 1836. 4. mit 21 Kupfertafeln.

Eine reiche Sammlung verschiedener Ansichten, aber wenig durchgreifendes Neue. Die Abbildungen hie und da sehr gut.

H. Mohl, Untersuchungen über den Mittelstock von Tamus Elephantipes L. Diss. 1836. 4. (Verm. Schriften.)

Idem, Untersuchungen über die Entwicklung des Korkes und der Borke auf der Rinde der baumartigen Dicotyledonen. Diss. 1836. 4. (Verm. Schriften.)

Idem, Erläuterung und Vertheidigung meiner Ansicht von der Structur der Pflanzensubstanz. 1836. 4. 2 Taf.

Eine weitere Entwicklung der Schrift »Ueber die Verbindung der Pflanzenzellen unter einander.«

H. Mohl, Untersuchungen über die Lenticellen. Diss. 1836. 4. (Verm. Schriften.)

C. F. Brisseau-Mirbel, Recherches anatom. et physiol. sur le Marchantia polymorpha etc. (Mém. de l'Acad. d. scienc. de l'instit. de France XIII. 1836. 10 tab.)

F. J. F. Meyen, Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. 1837. 4. 9 Taf.

Ausführlich aber wenig fördernd.

H. F. Link, Elementa Philosophiae botanicae. T. I. Grundlehren der Kräuterkunde. I. 1837.

Wenig Anatomisches, darunter viel Irrthümliches. Spiralgefässe sollen Nahrungssaft führen.

H. Mohl, Ueber den Bau der porösen Gefässe der Dicotyledonen. (Abhand. d. k. bayr. Akad. d. Wissensch. X. 1830.)

Idem, Anatomische Untersuchungen über die porösen Zellen von Sphagnum. Diss. 1837. 1 Taf. (Verm. Schrift.)

Idem, Ueber den Bau der vegetabilischen Zellmembran. Dissertat. 1837. 8. (Verm. Schrift.)

Idem, Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Diss. 1837. 8. (Verm. Schrift.)

J. Decaisne, Recherches anatomiques et physiologiques sur la Garance, sur le dévéloppement de la matière colorante dans cette plante, sur la culture et la préparation, suivies de l'examen botanique du genre Rubia et de ses espèces. (Mémoires couronnés par l'Acad. roy. de Bruxelles. XII. 1837.)

Eine fleissige Arbeit, aber von geringem Belange.

A. C. J. Corda, Ueber Spiralfaserzellen in dem Haargeflechte der Trichien. Ein Schreiben an Alex. v. Humboldt. Prag. 1837. 4. 1 Tab.

F. Unger, Aphorismen zur Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1838.

Die erste Idee eines Pflanzensystems nach der anatomischen Structur.

H. Mohl, Ueber die Entwicklung der Spaltöffnungen. (Linnaea, 1838. 1 Tafel.)

Mirbel et Spach, Notes pour servir à l'histoire de l'embryogénie végétale. Comptes rend. d. séanc. d. l'Aacad. d. sc. 1839.

Adrien de Jussieu, Mémoire sur les embryons monocotylédonées. (Comptes rend. d. séanc. de l'Acad. de scienc. de Paris. 1839. 1 Tab.)

H. Mohl, Ueber die Entwicklung der Sporen von Anthoceros laevis. (Linnaea, 1839. 1 Taf.)

Idem, Ueber den Bau der Ringgefässe. (Flora. 1839. 1 Taf.)

B. Physiologie.

F. J. Frenzel, Physiologische Beobachtungen über den Umlauf des Saftes in den Pflanzen und Bäumen und der Entstehung der Erdschwämme. 1804. 8. Preisschrift.

F. C. Medicus, Pflanzenphysiologische Abhandlungen. 1803. 3 Bde.

Theod. de Saussure, Recherches chimiques sur la végétation. 1804. 8. 1 tab.

Bis auf unsere Zeit eines der wichtigsten Werke.

H. Cotta, Naturbeobachtungen über die Bewegung und Function des Saftes in den Gewächsen mit vorzüglicher Hinsicht auf Holzpflanzen. 1806. 4. 7 Taf.

C. F. Brisseau-Mirbel, Sur les fluides contenues dans les végétaux suivi d'une note sur l'organisation des plantes. (Ann. d. Mus. T. VII. 1806.)

Th. Andr. Knight, A selection from the physiol. and horticultural papers, published in the transact. of the roy. hortic. soc. 1801—1808.

L. F. F. Freih. v. Wernek, Versuch einer Pflanzenpathologie und Therapie. Ein Beitrag zur höheren Forstwissenschaft. 1807. 8.

Aubert du Petit-Thouars, Essai sur l'organisation des plantes, considérée comme résultat du cours annuel de la végétation. 1806. 8.

Seb. Gérardin, Essai de physiologie végétale, ouvrage dans lequel sont expliquées toutes les parties des végétaux etc. 1810. 2 vol. 8.

G. D. Kieser, Aphorismen aus der Physiologie der Pflanzen. 1808. 8.

Sehr geistreich, im Geiste der naturphilosophischen Schule gehalten.

G. B. Amici, Osservazioni sulla circolazione del succhio nella Chara. 1818. 4. 1 tab.

C. Ch. Grischow, Physikalisch-chemische Untersuchungen über die Athmung der Gewächse. 1819. 8.

Neues und Wichtiges.

J. F. John, Ueber die Ernährung der Pflanzen im Allgemeinen und über den Ursprung der Pottasche und anderer Salze in ihnen insbesonders.

Von der königl. holländischen Gesellschaft der Wissensch. gekrönte Preisschrift. 1819. 8.

C. G. Ehrenberg, De Mycotogenesi. (Nova Acta A. N. C. V. X. P. I. 1820.)

C. L. Treviranus, Ueber die süssen Ausschwitzungen der Blätter.

Idem, Ueber die Erzeugung durch zwei Geschlechter im Pflanzenreiche.

Idem, Nachtrag zu der Abhandlung über das Geschlecht der Pflanzen.

Idem, Bemerkungen über das Keimen der Gewächse. (Alle vier Abhandlungen in Verm. Schriften. Bd. IV. 1821. 4.)

Hornschuch, Einige Beobachtungen und Bemerkungen über die Entstehung und Metamorphose der niederen vegetabilischen Organismen. (Nova Acta A. N. C. V. X. P. II. 1821.)

B. H. Schultz, Ueber den Kreislauf des Saftes im Schöllkraute und in mehreren anderen Pflanzen und über die Assimilation des rohen Nahrungsstoffes in den Pflanzen überhaupt. 1822. 8. 1 Taf.

Idem, Die Natur der lebendigen Pflanze. Erweiterung und Bereicherung der Entdeckungen des Kreislaufes im Zusammenhange

mit dem ganzen Pflanzenleben nach einer neuen Methode dargestellt. 1823—1828. 2 Th. I. 4 Taf. II. 3 Taf.

H. J. Dutrochet, Recherches sur l'accroissement et la reproduction des végétaux. (Mém. du Museum d'hist. nat. 1823.)

C. H. Schultz, Nachträge über die Circulation des Saftes in den Pflanzen. 1824.

J. C. Zenker, Einige Worte über den Saftumlauf im Schöllkraute, in den Charen und anderen Pflanzen. (Isis, 1824.)

H. J. Dutrochet, Recherches anatomiques et physiol. sur la structure intime des animaux et des végétaux et sur leur motilité. 1824. 8.

C. L. Treviranus, Ueber den eigenen Saft der Gewächse, seine Behälter, seine Bewegung und seine Bestimmung. (Zeitsch. f. Phys. B. I. 1824. p. 147.)

Idem, Ueber den Bau der Befruchtungstheile und das Befruchtungsgeschäft der Gewächse. (Zeitsch. f. Physiol. B. II.)

H. G. Göppert, Nonnulla de plantarum nutritione. Diss. inaugur. physiol.-botanica. 1825. 8.

F. V. Raspail, Développement de la fécule dans les organes de la fructification des céréales, et analyse microscopique de la fécule suivie d'expériences propres à en expliquer la conversion en gomme. (Ann. d. scienc. nat. VI. 1825.)

Idem, Addition au Mém. sur l'analyse microsc. de la fécule. (Ann. d. sc. nat. VII. 1826.)

Idem, Recherches chimiques et physiologiques destinées à expliquer la structure et le développement des tissus végétaux, de la fécule, du tronc et des organes qui n'en sont qu'une transformation ainsi que la structure et le développement des tissus animaux. 1826.

H. J. Dutrochet, L'agent immediat du mouvement vital dévoilé dans la nature et dans son mode d'action chez les végétaux et chez les animaux. 1826.

Viele neue und gründliche Untersuchungen.

C. A. Agardh, Ueber die Anatomie und den Kreislauf der Charen. (Nova acta Acad. N. C. Vol. XIII. P. I. 1826.)

F. J. F. Meyen, Ueber die Priestley'sche grüne Materie, wie über die Metamorphose des Protococcus viridis in Priestleya botryoides und im Ulva terrestris. (Linnaea, 1827. 1 Taf.)

Idem, Ueber das Genus Spirogyra Link und über die Bewegung und Metamorphose der Sp. princeps insbesonders. (Linnaea, 1827. 1 Taf.)

Idem, Ueber die Circulation des Lebenssaftes in den Pflanzen. (Linnaea, 1827.)

Idem, Ueber die Saftbewegung in den Zellen der Pflanzen. (Nova acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XIII. P. II. 1827.)

Idem, Beiträge zur Physiologie und Systematik der Algen. (Nova acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. T. XIV. 1829.)

A. F. J. Mayer, Supplemente zur Lehre vom Kreislauf. 1828. 4.

H. R. Göppert, Ueber die Reizbarkeit der Staubfäden von Berberis vulgaris L. (Linnaea, 1828.)

H. J. Dutrochet, Nouvelles recherches sur l'endosmose et l'exosmose suivies de l'application expérimentale de ces actions physiques à la solution du problême de l'irritabilité végétale et à la détermination de la cause de l'ascension des tiges et la descente des racines. 1828. 8. II.

A. F. Wiegmann, Ueber die Bastarderzeugung im Pflanzenreiche. Eine von der k. Akademie der Wissenschaften zu Berlin gekrönte Preisschrift. 1828. 4. 1 Taf.

Dr. Schmidt, Beobachtung über die Ausscheidung von Flüssigkeit aus der Spitze der Blüthe des Arum Colocasia. (Linnaea, 1831.)

A. P. De Candolle, Physiologie végétale, ou exposition des forces et des fonctions vitales des végétaux, pour servir de suite à l'organographie végétale, et d'introduction à la botanique géographique et agricole. 1832. 3 Vol. Uebersetzt und mit Anmerkungen versehen von J. Röper. I. 1833. II. 1833 —1835.

Vollständiges Sammelwerk.

F. Kützing, Beitrag zur Kenntniss über die Entstehung und Metamorphose der niederen vegetabilischen Organismen, nebst einer systematischen Zusammenstellung der hieher gehörigen Algenformen. (Linnaea, 1833. 3 Taf.)

F. Unger, Die Exantheme der Pflanzen und einige mit diesen verwandte Krankheiten der Gewächse, pathogenetisch und nosographisch dargestellt. 1833. 8. 7 Taf.

F. V. Raspail, Nouveau système de chimie organique fondé sur des méthodes nouvelles d'observation. 1833. 8.

Theod. Hartig, Abhandlung über die Verwandlung der polycotyledonischen Pflanzenzelle in Pilz und Schwammgebilde und der daraus hervorgehenden sogenannten Fäulniss des Holzes. 1833. 8. 2 Taf.

A. L. A. Fée, Mémoire sur le Groupe des Phyllériées et notamment sur le genre Erineum. 1834. 11 Pl.

L. Clamor-Marquart, Die Farben der Blüthen. Eine chemisch-physiologische Abhandlung. 1835. 8.

P. Turpin, Observations générales sur l'organogenie et la physiologie des végétaux. (Mém. d. l'Acad. XIV. 1835. 4. 1 tab.)

L. Ch. Treviranus. Physiologie der Gewächse. I. 1835. 3 Taf. II. 1838. 3 Taf. 8.

Ausgezeichnetes Sammelwerk.

Dassen, Naturkundige Verhandelung. 1835.

F. Unger, Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Gewächse. Eine von der kön. bair. bot. Gesellschaft in Regensburg gekrönte Preisschrift. 1836. 8. 1 Karte.

H. Mohl, Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter. Diss. 1837. 8. In den verm. Schriften mit Zusätzen.

F. X. Ramisch, Beobachtungen über Samenbildung ohne Befruchtung am Bingelkraute (Mercurialis annua). (Weitenweber's Beiträge zur gesammten Natur- und Heilwissenschaft. II. 1837. 8.)

F. V. Raspail, Nouveau systême de physiol. végét. et de botanique, fondé sur les méthodes d'observation, qui ont été dévéloppées dans le nouveau systême de chim. org. 1837. II. V. 8.

Manches Neue, viel Irrthümliches.

F. J. F. Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie. I. 1837, 6 Taf. II. 1838. 3 Taf. III. 1839. 6 Taf.

Ein wichtiges Buch trotz mancher Irrthümer.

Eduard Walser, Untersuchungen über die Wurzelausscheidung. Ein Auszug aus einer von der medicinischen Facultät in Tübingen im Jahre 1836 gekrönten Preisschrift. (Inaug. Dissertation unter dem Präsidium von H. v. Mohl. 1838. 8.)

Ch. Morren, Recherches sur le mouvement et l'anatomie du Stylidium graminifolium. (Mém. de l'acad. roy. d. scienc. et belles lettres de Bruxelles. XI. 1838.)

Idem, Recherches physiologiques sur les Hydrophytes de la Belgique. (Mém. de l'Acad. roy. d. scienc. et belles lettres de Bruxelles. XI. 1838.)

Boussingault, Recherches chimiques sur la végét. (Ann. d. chim. et phys. 1838.)

Ch. Morren, Mémoire sur la formation de l'indigo dans les feuilles du Polygonum tinctorium ou Renouée tinctoriale. (Mém. de l'acad. roy. d. scienc. et belles lettres de Bruxelles. XII. 1839.)

Theod. Schwann, Mikroskopische Untersuchung über die Uebereinstimmung in der Structur und im Wachsthum der Thiere und Pflanzen. 1839.

Ausgezeichnet.

C. H. Schultz, Sur la circulation et sur les vaisseaux lactifères dans les plantes. Mémoire, qui a remporté le grand prix pour. 1833—1839. 4. 23 tab.

IV. Epoche.

Wissenschaftliche Bearbeitung der Pflanzenanatomie und Pflanzenphysiologie.

Alle Fragen werden bestimmter formulirt, die genaueren Untersuchungsmethoden lassen eine gründliche Lösung der Probleme erwarten. Die Erforschung der Elementarorgane im Bau und Wirksamkeit wird als Fundamentalaufgabe betrachtet.

A. Anatomie.

M. J. Schleiden, Ueber Bildung des Eichens und Entstehung der Embryo's bei den Phanerogamen. Mit 6 Taf. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XIX. P. I. 1839.)
Reich an Beobachtungen.

M. J. Schleiden und Th. Vogel, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Blüthentheile bei den Leguminosen. 3 Taf. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XIX. P. I. 1839.)

F. Unger, Ueber den Bau und das Wachsthum des Dicotyledonen-Stammes. Eine von der kais. Akad. d. Wiss. zu St. Petersburg mit dem Accessit gekrönte Preisschrift. St. Petersburg, 1840. 4. 16 Taf.

J. Decaisne, Mém. sur le dévéloppement du pollen, de l'ovule, et sur la structure des tiges du Gui (viscum album). (Mém. de l'acad. roy. de Bruxelles XIII. 1840. 3 tab.)

H. Mohl, Ueber den Bau des Stammes von Iscetes lacustris. (Linnaea. 1840. 1 Taf.)

Idem, Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellmembran durch Jod. (Flora. 1840.)

H. R. Göppert, Ueber den Bau der Balanophoren so wie über das Vorkommen von Wachs in ihnen und in andern Pflanzen. 3 Taf. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XVIII. Suppl. 1841.)

C. H. Schultz, die Cyclose des Lebenssaftes in den Pflanzen. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XVIII. Suppl. II. 1841.)

H. R. Göppert, De coniferarum structura anatomica. 1841. 4. 2 Taf.

Manche neue schätzenswerthe Beobachtung.

P. Harting, Bijdrage tot de Anatomie der Cacteën. (Tijdsch voor Nat. Gesch. D. IX. 1842.)

Guglielmo Gasparrini, Ricerche sulla struttura degli stomi. Napoli, 1842. 1 tav.

Hat das Richtige nicht getroffen.

M. J. Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik nebst einer methodologischen Einleitung als Anleitung zum Studium der Pflanze. I. 1842. II. 1843.

Hat die bereits vorbereitete neue Periode herbeigeführt.

Dr. H. Karsten, De cella vitali. Berolini.

Manche gute Beobachtungen.

Theod. Hartig, Neue Theorie der Befruchtung der Pflanzen. Gegründet auf vergleichende Untersuchungen der wesentlichsten Verschiedenheiten im Baue der weiblichen Geschlechtstheile. 1842. 4. 1 Stahlstich.

H. v. Mohl, Ueber die Cuticula der Gewächse. (Linnaea, 1842. 2 Taf.)

Idem, Einige Bemerkungen über den Bau der getüpfelten Gefässe. (Linnaea, 1842.)

M. J. Schleiden, Beiträge zur Anatomie der Cacteen. (Mém. de l'Acad. imp. d. scienc. de St. Petersbourg. par div. sav. VI. Sér. T. IV. 10 Taf. [Lu 1839.])

H. F. Link, Anatomia plantarum iconibus illustrata I. Anatomie der Pflanzen in Abbildungen. 1 Heft. 1843.

Schöne malerische Abbildungen mit ärmlichem Texte.

C. F. Brisseau-Mirbel, Recherches anatomiques et physiologiques sur quelques végétaux monocotylés. (Comptes rend. 1843.)

Guglielmo Gasparrini, Nove Ricerche sulla struttura dei Cistomi. Napoli, 1844. 4. 2 tav.

S. Reissek, Ueber die selbstständige Entwicklung der Pollenzelle zur keimtragenden Pflanze. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XXI. P. II. 1845.)

Guglielmo Gasparrini, Ricerche sulla origine dell'embrione seminale in alcune piante fanerogame. (Atti della VII. adunanza dei scienziati italiani in Napoli. 1846. 4. 3 tav.)

G. Mettenius, Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen. 1846. 4. 3 Taf.

Eine fleissige Arbeit.

F. Unger, Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen. 1846. 8. Mit Holzschn.

H. v. Mohl, Vermischte Schriften botanischen Inhalts. 1846. 4. 13 Taf. Eine Sammlung bereits veröffentlichter kleiner Abhandlungen mit neuen Bemerkungen.

Als Quelle der neueren Anatomie zu betrachten.

M. Duchartre, Observations anatomiques et organogéniques sur la clandestine d'Europe. (Lathraea clandestina.) (Mém. prés. p. div. Sav. à l'Acad. d. scienc. de Paris X. 1847.)

Eine fleissige Untersuchung ohne wichtige anatomische Erfolge.

Herm. Karsten, Die Vegetationsorgane der Palmen. Ein Beitrag zur vergleichenden Anatomie und Physiologie. (Abh. der kön. Akad. der Wissensch. in Berlin. 1847.)

J. Hanstein, Plantarum vascularium folia, caulis, radix, utrum organa sint origine distincta an ejusdem organi diversae tantum partes. (Linnaea. 1848.) 3 tab.

W. Hofmeister, Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. 1849. 4. 14 Taf.

Eine der wichtigsten Schriften.

H. Schacht, Entwicklungsgeschichte des Pflanzen-Embryon. Preisschrift 1850. 4. 26 Taf.

Albert Wigand, Intercellularsubstanz und Cuticula. Eine Untersuchung über das Wachsthum und die Metamorphose der vegetabilischen Zellenmembran. 1850. 8. 2 tab.

H. v. Mohl, Die vegetabilische Zelle. (Handwörterbuch der Physiologie etc., von R. Wagner. 1850. Mit Holzschn.)

Eine kurzgefasste vortreffliche Uebersicht der Anatomie und Physiologie der Pflanzen.

G. Mettenius, Beiträge zur Botanik. 1850. 8.

W. Hofmeister, Untersuchung der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen. 1851. 4. 33 Taf.

Sehr schätzbare Untersuchungen.

H. G. Reichenbach, De pollinis orchidearum genesi ac structura et de orchideis in artem ac systema redigendis. 1852. 4. 2 tab.

Herm. Schacht, Physiologische Botanik. Die Pflanzenzelle, der innere Bau und das Leben der Gewächse. 1852. 8. 20 Taf.

W. Hofmeister, Ueber Befruchtung der Farrenkräuter. Bericht der k. sächs. Gesellschaft der Wissenschaften mat. phys. Classe. 1854.

B. Physiologie.

F. Unger, Beiträge zur vergleichenden Pathologie. Sendschreiben an Prof. Schönlein. 1840. 4. 1 Taf.

J. Liebig, Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1840. 8.

F. J. F. Meyer, Noch einige Worte über den Befruchtungsact und die Polyembryonie. 1840. 8.

Thém. Lestiboudois, Études sur l'anatomie et la physiologie de végétaux. 1840. 8.

A. F. Wiegmann und L. Polstorff, Ueber die anorganischen Bestandtheile der Pflanzen, oder Beantwortung der Frage: Sind die anorganischen Elemente, welche sich in der Asche der Pflanzen finden, so wesentliche Bestandtheile des vegetabilischen Organismus, dass dieser sie zu seiner völligen Ausbildung bedarf, und werden sie den Gewächsen von aussen

dargeboten? Eine in Göttingen im J. 1842 gekrönte Preisschrift, nebst einem Anhange über die fragliche Assimilation des Humusextractes. 1842. 8.

Ch. Gaudichaud, Recherches générales sur l'organographie, la physiol. et l'organogénie des végétaux. 1841. 4. Preisschrift.
Verkehrte Ansichten auf schlechte Untersuchungen gegründet.

A. Bravais et Ch. Martins, Recherches sur la croissance du pin sylvestre dans le Nord de l'Europe. (Mém. de l'Acad. roy. de scienc. et belles lettres de Bruxelles. XV. 1842.)

A. Trinchinetti, Sulla facoltà assorbente delle radici de vegetabili. Memoria premiata 1843. 4. (Botan. Zeitung 1845, p. 111—112.)

G. J. Mulder, Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. Uebersetzt von Kolbe. 1844. 8. 8 Taf.
Eine wichtige Schrift.

C. F. Gärtner, Beiträge zur Kenntniss der Befruchtung. Versuche und Beobachtungen über die Befruchtungsorgane der vollkommneren Gewächse, und über die natürliche und künstliche Befruchtung durch den eigenen Pollen. 1844. 8.

Ernest Brücke, Ueber das Bluten des Rebstockes. (Ann. d. Phys. v. Poggendorf. 1844.)

Theod. Hartig, Das Leben der Pflanzenzelle, deren Entstehung, Vermehrung, Ausbildung und Auflösung. 1844. 4.

C. M. Gottsche, Ueber die Fructification der Jungermanniae geocalyceae. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XXI. II. 1845.)

Friedr. Rochleder, Beiträge zur Phytochemie. 1847. 8.

Ernest Brücke, Ueber die Bewegung an der Mimosa pudica, gelesen in der phys. Gesellschaft zu Berlin. 1848.

Max. Perty, Blepharophora Nymphaeae. Ein Beispiel automatischer Wimperbewegung im Pflanzenreiche. Nebst einigen Erörterungen über Bewegung durch schwingende mikroskopische Organe und über Sporozoidien, Infusorien, Bacillarien. 1848. 4. 3 Taf.

Carl Naegeli, Gattungen einzelliger Algen physiologisch und systematisch bearbeitet. 1849. 4. 8 Taf.

Wichtiges Werk.

Garreau, Recherches sur l'absorption et l'exhalation des surfaces aériennes des plantes. (Ann. d. scienc. nat. 1849. p. 321.)

Theod. v. Siebold, Ueber einzellige Pflanzen und Thiere. Zeitschrift f. wissensch. Zoologie. I. 1849.

C. Wittwer, Geschichtliche Darstellung der verschiedenen Lehren über die Respiration der Pflanzen unter besonderer Berücksichtigung der Frage: Trägt sie zur Ernährung der Pflanzen bei oder nicht? Gekrönte Preisschrift. Diss. inaug. 1850.

Gute Zusammenstellung.

Alex. Braun, Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur, insbesonders in der Lebens- und Bildungsgeschichte der Pflanze. 1849—1850. 4.

Reich an Beobachtungen und schöpferischen Ideen.

Ferd. Cohn, zur Lehre vom Wachsthum der Pflanzenzelle. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XXII. P. II. 1850.)

Idem, Nachträge zur Naturgeschichte des Protococcus pluvialis Kütz. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XXII. P. II. 1850.)

S. Lantzius-Beninga. Beiträge zur Kenntniss des inneren Baues der ausgewachsenen Mooskapsel, insbesondere des Peristomes. (Nova Acta Acad. C. L. C. Nat. Cur. XXII. P. II. 1850.)

Herm. Hoffmann, Untersuchungen über den Pflanzenschlaf. 1851. 8.

Cloez et Gradiolet, Recherches expérim. sur la végétation des plantes submergées. (Ann. d. chim. et phys. III. S. 1851.)

Garreau, De la respiration chez les plantes. (Ann. d. scienc. nat. XV. 1851. p. 1. 1 tab.)

N. Pringsheim, Die Entwicklungsgeschichte der Achlya prolifera. (Nova Acta A. N. C. XXIII. 1851.)

Dr. J. Milde, Zur Entwicklungsgeschichte der Equiseten und Rhizocarpen. (Nova Acta A. N. C. XXIII. P. II. 1852.)

Wichura, Ueber die Achsendrehung der Schwärmsporen und Infusorien. (Dreissigster Jahresbericht der schlesischen Gesellschaft f. Hortic. 1852. p. 73.)

Vogel und C. Wittwer, Ueber den Einfluss der Vegetation auf die Atmosphäre. (Abhandlungen der mat.-phys. Classe der k. bair. Akad. d. Wiss. Bd. VI. 1851 (1852). p. 265.)

H. R. Göppert, Ueber die Existenz eines absteigenden Saftes in unseren einheimischen Bäumen. 1852.

Alex. Braun, Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Berlin I. 1852. II. 1853.

N. Pringsheim, Algologische Mittheilungen. I. Ueber Keimung der ruhenden Sporen und über eine Form beweglicher Sporen bei Spirogyra. II. Ueber Fortpflanzung von Coelastrum Naeg. 2 Taf. (Flora. 1852.)

F. Unger, Botanische Briefe. 1852.

Georges Ville, Recherches expérimentales sur la végétation. 1853. fol. 2 tab.

Anton de Bary, Untersuchungen über die Brandpilze und die durch sie verursachten Krankheiten der Pflanzen, mit Rücksicht auf das Getreide und andere Nutzpflanzen. 1853. 8 Taf.

Herm. Schacht, Der Baum. Studien aus dem Pflanzenleben. 1853. 8 Taf.

D. Alex. Braun, Das Individuum der Pflanze in seinem Verhältniss zur Species. Generationsfolge, Generationswechsel und Generationstheilung der Pflanze. (Abhandlung der k. Akad. d. Wissensch. in Berlin. 1853.)

Idem, Ueber das Vorkommen von Zink im Pflanzenreich. (Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der k. p. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. 1854.)

D. Alex. Braun (R. Caspary et Ant. de Bary), Ueber einige neue oder weniger bekannte Krankheiten der Pflanzen, welche durch Pilze erzeugt werden. Berlin, 1854. 2 Taf.

F. Cohn, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. (Nova Acta A. N. C. XXIV. P. I. 1854.)

N. Pringsheim, Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. I. Abtheilung. Grundlinien einer Theorie der Pflanzenzelle. 1854. 4. 4 Taf.

Boussingault, Recherches sur la végétation entreprises dans le but d'examiner si les plantes fixent dans leur organisme l'azote, qui est à l'état gazeux dans l'atmosphère. (Annales de Chimie et de Phys. T. 41. 1854.)

F. Rochleder, Phytochemie. 1854. 8.

D. C. A. Müller, Ueber den Einfluss des Abblattens auf die Runkelrüben. 1854. 4.

Curtii Sprengel, Historia rei herbariae. II. t. 1807. 1808.

Kurt Sprengel, Geschichte der Botanik. 2 Theile. 1817. 1818.

Idem, Neue Entdeckungen im ganzen Umfange der Pflanzenkunde. 2 Theile. 1820.

Fr. v. Miltitz, Handbuch der botanischen Literatur. 1829. 8.

Ernst Meyer, Albertus Magnus, Ein Beitrag zur Geschichte der Botanik im dreizehnten Jahrhunderte. (Linnaea X. 1835. 1836.) p. 641.

Dr. M. S. Krüger, Bibliographia botanica. 1841. 8.

W. Engelmann, Bibliotheca historico-naturalis. 1846. 8.

G. A. Pritzel, Thesaurus literaturae botanicae etc. 1851. 4.

Ernst H. F. Meyer, Geschichte der Botanik. Studien. I. 1854.

Erster Theil.

Anatomie der Pflanzen.

F. Cohn, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. (Nova Acta A. L. C. XXIV. P. I. 1854.)

N. Pringsheim, Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. I. Abtheilung. Grundlinien einer Theorie der Pflanzenzelle. 1854. 4. 4 Taf.

Boussingault, Recherches sur la végétation entreprises dans le but d'examiner si les plantes fixent dans leur organisme l'azote, qui est à l'état gazeux dans l'atmosphère. (Annales de Chimie et de Phys. T. 41. 1854.)

F. Rochleder, Phytochemie. 1854. 8.

D. C. A. Müller, Über den Einfluss der [illegible] auf die Rankdrüsen. 1854. 4.

Curtii Sprengel, Historia rei herbariae. [illegible] 1808.

Kurt S[illegible]

Idem, Neue Entdeckungen im ganzen Umfange der Pflanzenkunde. 2 Theile. 1820.

Fr. v. Miltitz, Handbuch der botanischen Literatur. 1829. 8.

Ernst Meyer, Albertus Magnus, Ein Beitrag zur Geschichte der Botanik im dreizehnten Jahrhunderte. (Linnaea X. 1835. 1836.) p. 641.

Dr. M. S. Krüger, Bibliographia botanica. 1841. 8.

W. Engelmann, Bibliotheca historico-naturalis. 1846. 8.

G. A. Pritzel, Thesaurus literaturae botanicae etc. 1851. 4.

Ernst H. F. Meyer, Geschichte der Botanik. Studien. I. 1854.

I. Hauptstück.

Von den Elementartheilen im Allgemeinen.

§. 1. Der Pflanzenkörper ist, wenn er seine Ausbildung erreicht hat, wie jeder andere Organismus, aus mehr oder minder deutlich unterscheidbaren und häufig auf mechanischem oder chemischem Wege trennbaren kleinen Theilchen zusammengesetzt, die in ihrer Vereinigung denselben darstellen.

§. 2. Bei der durch optische Hilfsmittel und andere Werkzeuge unterstützten Untersuchung der Organismen kommen wir noch weit vor der Grenze des nicht mehr Unterscheidbaren auf Theile, die, indem sie mehr oder weniger abgeschlossene aus verschiedenen Bestandtheilen zusammengesetzte Einzelheiten darstellen, Elementartheile oder Elementarorgane, auch wohl organische Elemente genannt werden.

Die Elementartheile sind immer sehr klein. Ihr absolutes Grössenverhältniss ist unabhängig von der Grösse des ganzen Organismus. Die scharfe Abgrenzung der Elementartheile nach aussen und ihre vorzugsweise auf sich beschränkte Wirksamkeit lassen dieselben allerdings als abgeschlossene Einzelnheiten, als Individualitäten ansehen, und in dieser Beziehung würde jede aus mehreren solchen Theilen zusammengesetzte Pflanze nicht als ein Einzelwesen, sondern als eine Vielheit derselben zu betrachten sein. Berücksichtigt man jedoch, dass diese Elementartheile sowohl in ihrer Entstehung als in ihrer Ausbildung schlechterdings von

einander abhängig sind, dass sie sich nicht nur in ihren Thätigkeitserscheinungen zu gemeinsamen Wirkungen verbinden, sondern auch materiell zu grösseren Massen untereinander verschmelzen, so können sie streng genommen wohl nicht als Individuen in Betracht kommen. Es ist jedoch eine von dieser ganz verschiedene Frage, welchem Complexe der in die Erscheinung tretenden Theile der Pflanze der Begriff der Individualität anzupassen ist. —

In diesem Anbetrachte kann daher auch die Pflanze keineswegs als ein Aggregat von Individuen angesehen werden, ja nicht einmal als ein Aggregat von Elementartheilen, da die Beziehung derselben zu einander ihr Nebeneinandersein als völlig untergeordnet erscheinen lässt.

Indess ist es doch von grösster Wichtigkeit und für den Fortschritt der Wissenschaft unentbehrlich, das an den Elementartheilen hervortretende Individuelle nicht zu verkennen, es von den übrigen Eigenschaften zu sondern und den Einfluss auf die Gesammtwirksamkeit in Erfahrung zu bringen.

Dr. Alex. Braun, Das Individuum der Pflanze in seinem Verhältniss zur Species. Abhandl. der kön. Akad. der Wissensch. in Berlin, 1853.

§. 3. Sowohl im Pflanzen- als im Thierkörper gibt es ursprünglich nur eine Form der Elementarorgane, und diese Form nennen wir Zelle (cellula, utriculus). Die Zelle ist ein von Flüssigkeit erfülltes und durch eine feste Membran nach aussen geschütztes Bläschen von mannigfaltiger Form.

So verschieden auf den ersten Anblick die Elementarorgane pflanzlicher so wie thierischer Organismen sind, so sind sie doch ursprünglich aus einer Grundform, nämlich der Zelle abzuleiten, wie diess ihre Entwicklungsgeschichte zeigt. Wie den verschiedenen Formen der Krystalle ein gemeinsames Entwicklungsprincip zu Grunde liegt, so auch den verschiedenen Elementartheilen der Pflanzen und Thiere.

In der Zelle ist die Art der Raumerfüllung oder der Inhalt und die Begrenzung desselben durch eine mehr oder weniger feste Haut von gleicher Wichtigkeit, und eines ohne das andere nicht denkbar. Beides zusammen bildet erst den Begriff der Zelle.

Die Zellen sind keineswegs die kleinsten Theile, aus welchen ein Pflanzenkörper zusammengesetzt ist. Wir unterscheiden als viel kleinere Theile noch: Bläschen, Fasern und Körner (Elementar-Bläschen, -Fasern und -Körner). Erstere der Form und Beschaffenheit nach mit den Zellen ganz übereinstimmend unterscheiden sich von denselben nur dadurch, dass sie stets in Zellen eingeschlossen vorkommen, und eben so wie Fasern und Körner nur an der Zusammensetzung derselben theilnehmen, nie aber unmittelbar zur Bildung des Pflanzenkörpers beitragen. Sie sind daher nach der obigen Begriffsbestimmung nur Theile von Elementarorganen.

Th. Schwann, Mikroskopische Untersuchungen über die Uebereinstimmung in der Structur und im Wachsthume der Thiere und Pflanzen. Berlin, 1839.

A. Kölliker, Die Lehre von der thierischen Zelle in den einfachern thierischen Form-Elementen nach den neuesten Fortschritten dargestellt. Zeitschr. f. wiss. Bot. II. p. 46.

§. 4. Zellen zu mehreren vereiniget bilden Complexe von Zellen, die sehr verschieden sind, je nachdem die Vereinigung der Zellen eine vorübergehende oder eine bleibende ist, oder endlich wohl gar in eine Verschmelzung derselben übergeht.

Zellcomplexe der ersteren Art werden Zellfamilien oder Zellcolonien genannt, Zellcomplexe der zweiten Art bilden das, was man längst mit dem Worte Zellgewebe bezeichnete, die Verschmelzung der Zellen bezeichne ich mit dem Ausdrucke Zellfusion.

Auf die Unterschiede in der Art der Vereinigung der Zellen zu einem grösseren Ganzen ist man erst in neuerer Zeit aufmerk-

sam geworden. Nicht jede Verbindung der Zellen unter einander bildet ein Gewebe. In einigen Fällen, besonders bei niederen und einfachen Pflanzen, trennen sich die für eine Zeit lang unter sich verbundenen Elementartheile wieder und das Gewebe ist in seine Elemente aufgelöst. Dem gerade entgegengesetzt verhält sich die Zellfusion, in welcher die Vereinigung der Elementartheile nicht nur bleibend wird, sondern zugleich in eine innigere Vereinigung, in eine theilweise Verschmelzung übergeht. Die aus dieser Vereinigung hervorgehenden Complexe sind die Pflanzengefässe im Allgemeinen.

Als abgeschlossene Einzelheiten höherer Art konnten sie füglich ebenfalls für Elementarorgane (abgeleitete oder secundäre) angesehen werden, um so mehr als sie in der Zusammensetzung des Pflanzenkörpers in der That den ursprünglichen Elementartheilen gleich kommen.

Im thierischen Körper sind solche Zellfusionen eine der gewöhnlichsten Erscheinungen, daher es bei jenen viel mehr Mühe kostet, das ursprüngliche oder das Grundelement zu finden, als im Pflanzenkörper, wo der Masse nach solche Fusionen sehr beschränkt sind.

C. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen, physiologisch und systematisch bearbeitet. 1849.

§. 5. Nur in wenigen Fällen ist die Pflanze aus einem einzigen oder aus wenigen Elementarorganen (Zellen) gebildet, häufiger besteht sie aus einer grossen Menge mit einander verbundenen Zellen, noch häufiger nehmen Zellen und Zellfusionen (Gefässe) an ihrer Zusammensetzung Theil.

Pflanzen, die nur aus Einer Zelle bestehen, heissen einzellige Pflanzen, solche, welche aus einer unbestimmten Vielheit von Zellen zusammengesetzt sind, werden κατ᾽ ἐξοχήν, Zellpflanzen (plantae cellulares), die aus Zellen und Gefässen gebildeten, Gefässpflanzen (plantae vasculares) genannt.

II. Hauptstück.

Die Lehre von der Zelle.

I. Abschnitt.

Von der Form und Grösse der Zellen.

§. 6. Die Zellen als Elementarorgane des Pflanzenkörpers und in so ferne sie in ihrer Besonderheit verharren, weichen im Verlaufe ihrer Ausbildung in der Regel von ihrer ursprünglichen Beschaffenheit merklich ab. Diese Veränderungen beziehen sich a) auf ihre Form, b) auf ihren Bau und c) auf ihren Inhalt.

Ursprünglich haben alle Zellen eine und dieselbe Form, den gleichen Bau, wahrscheinlich denselben Inhalt und alle Unterschiede, die sich später in dieser oder jener Beziehung wahrnehmen lassen, sind lediglich eine Folge verschiedener Entwicklung. Demungeachtet lässt diess keine völlige Identität der Zellen voraussetzen, da wir durch unsere viel zu rohen Werkzeuge nur die allergröbsten Verschiedenheiten wahrzunehmen im Stande sind. Die ursprüngliche Gleichheit der Zellen überhaupt, ja auch nur die eines und desselben organischen Körpers, ist daher nur bis auf einen gewissen Grad giltig.

§. 7. Die Zellen zeigen ihrer Form nach die grösste Mannigfaltigkeit, welche sich im Allgemeinen und im Besonderen auf folgende Unterschiede zurückführen lässt. Im Allgemeinen unterscheidet man zwischen a) freien und b) gehemmten Bildungen, und im Einzelnen lassen sich bei den einen sowohl als bei den anderen 1. sphäroidische, 2. tafelförmige und 3. cylindrische Formen unterscheiden.

Die Lehre von den Zellenformen, obgleich schon seit den ältesten Zeiten der Pflanzenanatomie ein Gegenstand der sorgfältigsten Erforschung, ist durch die mangelhafte Methode, deren man sich dafür bediente, bisher kaum über die ersten Anfänge hinausgekommen. Nur dadurch, dass man sowohl durch mechanische als durch chemische Mittel die Zellen aus ihrer Verbindung unter einander zu trennen vermochte, hat man sich eine richtige Vorstellung von ihrer allseitigen Begrenzung, d. i. von ihrer Form, gemacht.

Ich unterscheide zuerst freie und Hemmungs-Bildungen, — jene, welche sich als Einzelnheiten frei oder doch in äusserst lockerem Zusammenhange mit anderen entwickeln konnten, letztere, welche in ihrer Ausbildung durch nachbarliche Zellen mannigfaltige Behinderungen erleiden müssten. Im Allgemeinen zeichnen sich erstere durch abgerundete Flächen, letztere durch ebene Flächen, die immer zugleich Berührungsflächen sind, aus. Beide allgemeine Formen bilden wieder drei verschiedene Reihen, welche davon her rühren, ob die Durchmesser der Zellen einander gleich oder doch nahezu gleich sind, oder ob der Längen-, oder endlich ob der Breiten-Durchmesser entschieden die Oberhand gewinnt. Dadurch entstehen 1. die sphäroidischen, 2. die plattgedrückten oder tafelförmigen und 3. die langgestreckten oder cylindrischen Reihen.

Es können hier nur die hauptsächlichsten Formen der Zellen nach diesen Rücksichten angeführt werden, indem ausdrücklich bemerkt wird, dass jede Form durch unzählige Zwischenformen mit den nächsten sowohl als mit den entferntesten Formen in Zusammenhang stehen. Eine nur einigermassen ins Specielle gehende Ausführung würde uns einen Blick in eine wahrhaft erstaunungswürdige Mannigfaltigkeit der concreten Zellenformen eröffnen.

§. 8. Unter den freien oder ungehemmten Zellenbildungen sind zu nennen und zwar in der sphäroidischen Reihe: 1. die kugelförmige, 2. die ellipsoidische, 3. die eiförmige, 4. die nierenförmige, 5. die flaschenförmige,

6. die kegelförmige, 7. die tonnenförmige, 8. die unregelmässig sphäroidische Zelle; — in der tafelförmigen Reihe: 1. die kreisrund-scheibenförmige, 2. die gestreckt scheibenförmige, 3. die regelmässig tafelförmige, 4. die unregelmässig tafelförmige, 5. die sternförmige, 6. die halbmondförmige u. s. w.; — in der dritten oder cylindrischen Reihe: 1. die kurze cylindrische, 2. die lange cylindrische, 3. die spindelförmige, 4. die cylindrisch-sternförmige, 5. die einfach verzweigte, 6. die mannigfaltig verzweigte, 7. die gefässartige Zelle.

Die hier angeführten verschiedenen freien Zellenformen kommen bald häufiger bald seltener im Pflanzenreiche, und zwar nicht nur bei einzelligen Pflanzen, sondern auch in Verbindung von Zellen unter einander vor.

Kugelförmige Zellen *Fig. 2 a, b* kommen vor bei vielen einzelligen Algen und Pilzen, bei höheren Pflanzen als Sporen und Pollenzellen, im Fleische saftiger Früchte u. s. w.

Noch häufiger erscheint bei denselben Pflanzen und in demselben Theile die ellipsoidische Form *c*, *d*, die sich bald der Kugelform nähert, bald durch das Vorwiegen der Längenachse in das gestreckte Ellipsoid übergeht.

Durch ungleiche Entwicklung der Zelle an den beiden Brennpunkten der Ellipse entsteht die Eiform *e* und die Biskotenform *l*, *m*, *n* oder Nierenform *k*, welche sehr häufig und in mannigfaltiger Abänderung unter den Zellen der grünen Pflanzenblätter vorkommt. Bei stärkerer einseitiger Ausdehnung erscheint die Kegelform *h* und die Kolben- oder Flaschenform *f*, *g* häufig an den oberflächlichen Zellen der Blumenblätter, der Narben u. s. w. Dagegen bei Mangel an Entwicklung an den Endtheilen der Ellipse die Tonnenform *i*. Endlich gehen diese Formen in die Schlauchform *o* und in die Sackpfeifenform *p* über.

Fig. 2.

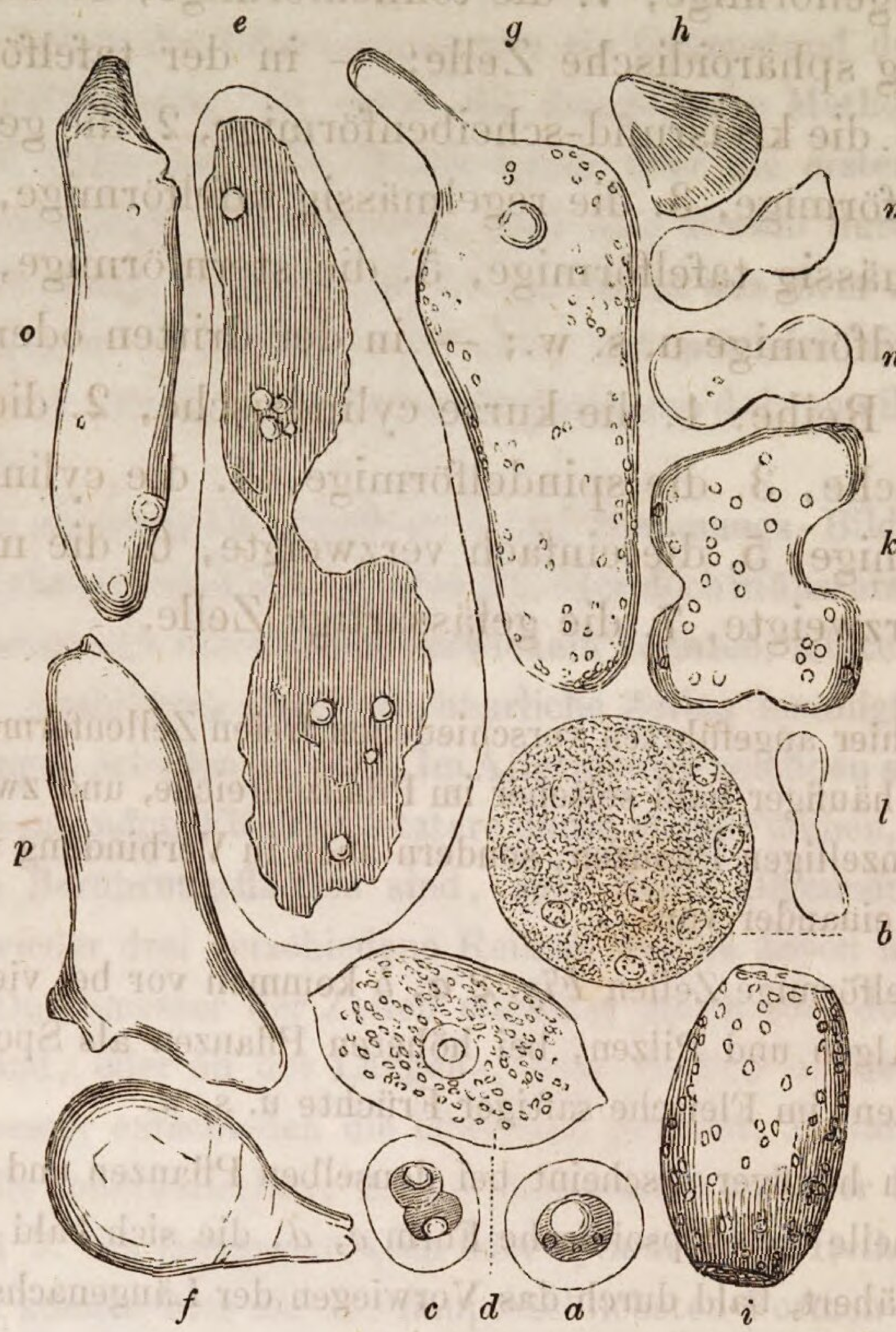
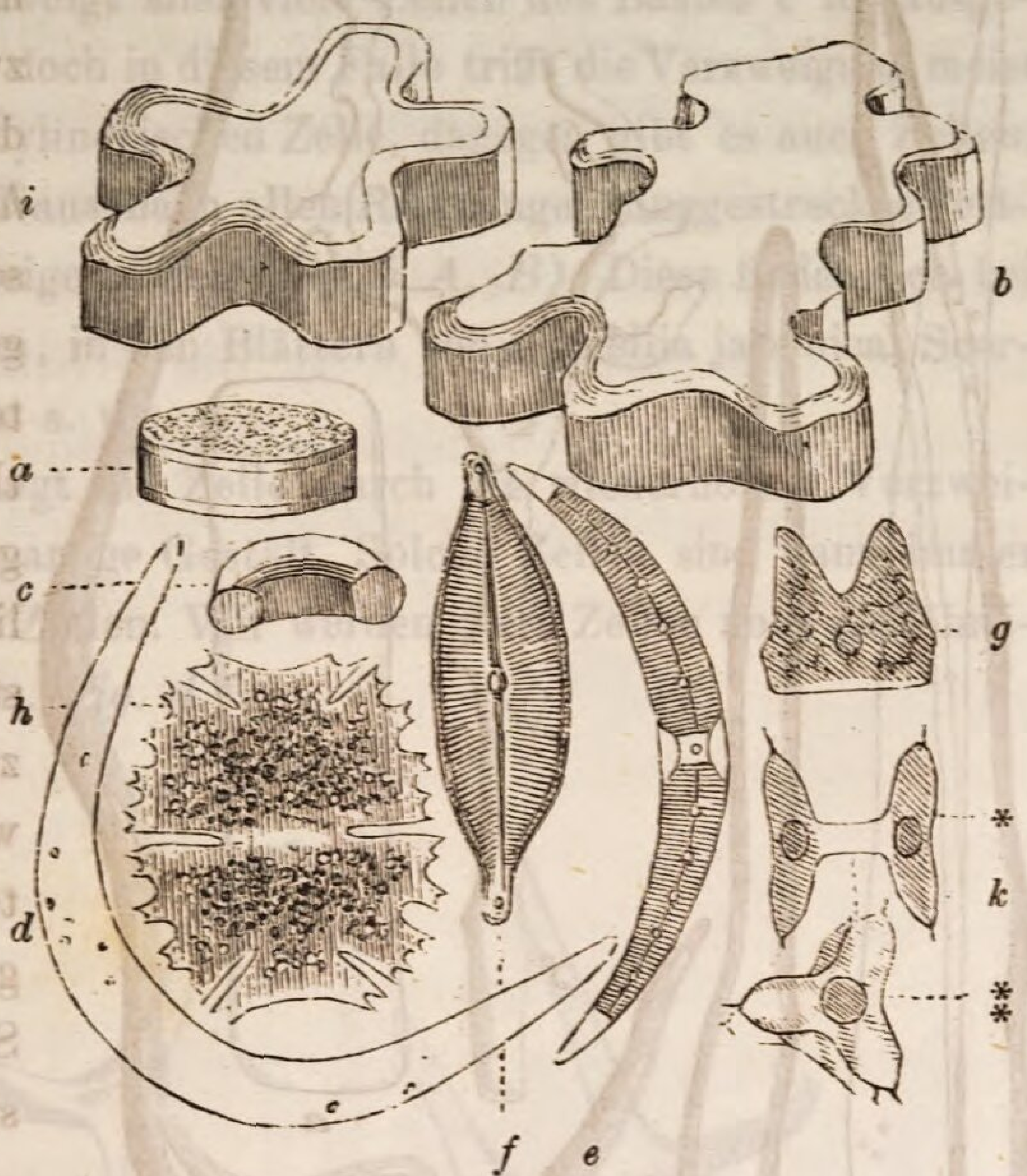


Fig. 2. *a* kugelförmige Zelle von *Gloeocystis versicolor.* Näg. Vergr. $^{400}/_{1}$.
b kugelförmige Zelle des Pollens von *Calystegia sepium.* Vergr. $^{275}/_{1}$.
c ellipsoidische Zelle von *Glaeocystis versicolor.* Näg. Vergr. $^{400}/_{1}$.
d ellipsoidische Zelle von *Scenedesmus acutus.* Meyen. Vergr. $^{200}/_{1}$.
e eiförmige Zelle aus dem Fruchtfleische von *Viburnum Lantana.* Vergr. $^{24}/_{1}$.
f flaschenförmige Zelle aus dem Fruchtfleische von *Eleagnus angustifolia.* Vergr. $^{165}/_{1}$.
g flaschenförmige Zelle aus dem Pericarpum von *Erythronium Dens canis.* Vergr. $^{240}/_{1}$.
h kegelförmige Zelle aus dem Blumenblatte von *Brassica Rapa.* Vergr. $^{470}/_{1}$.
i tonnenförmige Zelle aus dem Blatte von *Lomatophyllum bourbonicum.* Vergr. $^{165}/_{1}$.
k nierenförmige Zelle aus dem Blatte von *Iris pallida.* Vergr. $^{240}/_{1}$.

Aus der Reihe der plattgedrückten Zellen kommen die kreisrund-scheibenförmigen und gestreckt-scheibenförmigen *Fig. 3 a* am seltensten, dagegen die regelmässig-tafelförmigen häufig als oberflächliche Zellen vor. Am gewöhnlichsten wird die äusserste Zellschichte der Blätter durch unregelmässig-tafelförmige Zellen *b* gebildet. Eben so kommen halbmondförmige Zellen *c* daselbst vor oder wohl auch im Gewebe der Pflanze *d*

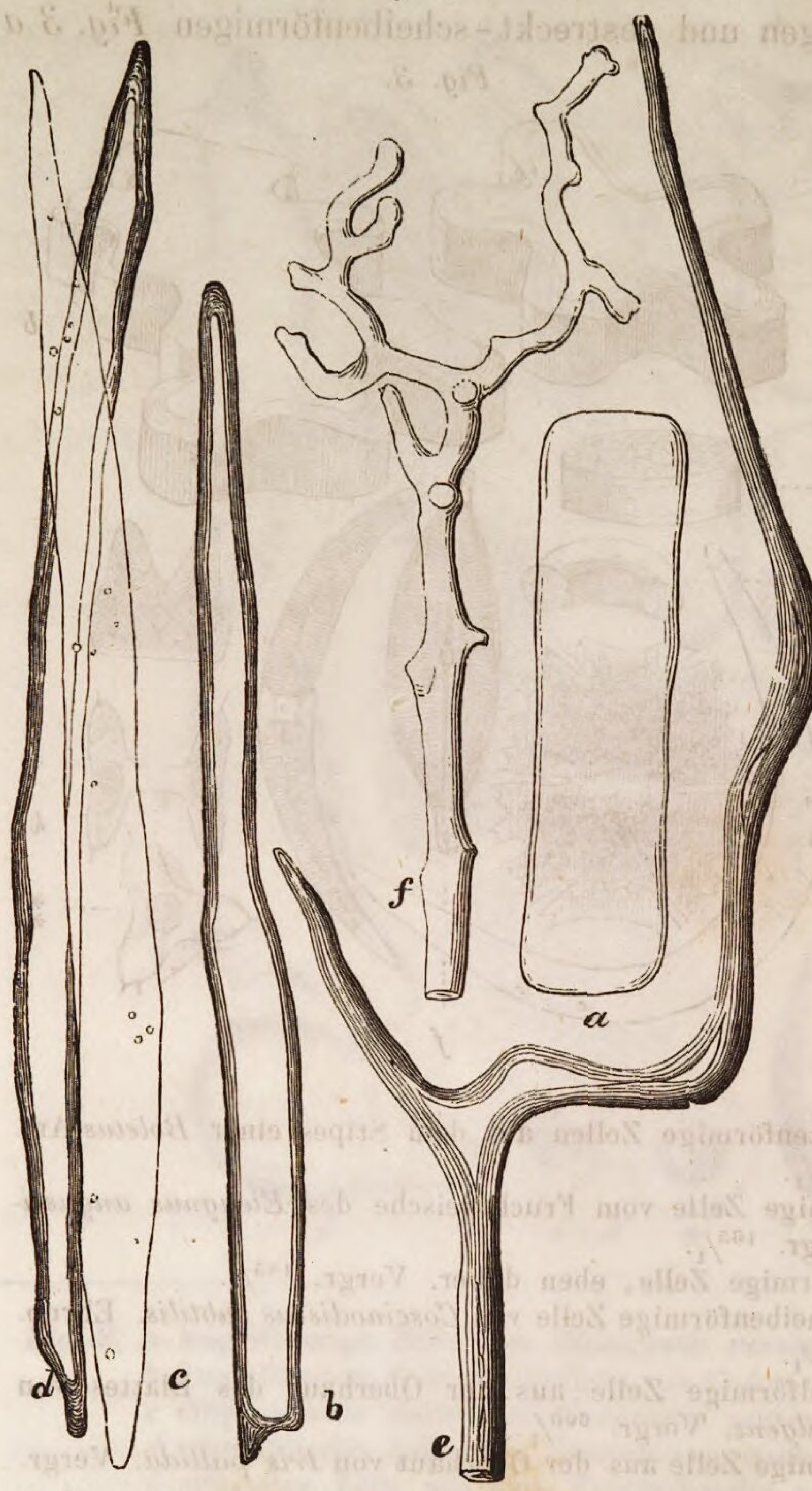
Fig. 3.



l, m, n biskotenförmige Zellen aus dem Stipes einer *Boletus*-Art. Vergr. $^{240}/_1$.
o schlauchförmige Zelle vom Fruchtfleische des *Eleagnus angustifolia*. Vergr. $^{165}/_1$.
p sackpfeifenförmige Zelle, eben daher. Vergr. $^{165}/_1$.

Fig. 3. *a* kreisrund-scheibenförmige Zelle von *Coscinodiscus subtilis*. Ehrnb. Vergr. $^{300}/_1$.
b buchtig-tafelförmige Zelle aus der Oberhaut des Blattes von *Fuchsia fulgens*. Vergr. $^{600}/_1$.
c halbmondförmige Zelle aus der Oberhaut von *Iris pallida*. Vergr. $^{240}/_1$.
d halbmondförmige Zelle aus dem Griffel von *Campanula persicifolia*. Vergr. $^{240}/_1$.
e halbmondförmige Zelle des *Closterium parvulum*. Vergr. $^{300}/_1$, nach Nägeli.
f nachenförmige Zelle von *Cymbella cuspidata* Kütz., von der planen Nebenseite. Vergr. $^{67}/_1$, nach Will Smith.
g zweihörnige Zelle von *Pediastrum Selenaea*, Kütz. Vergr. $^{600}/_1$, nach Nägeli.
h strahlige Zelle der *Micasterias truncata*, Ralfs. Vergr. $^{200}/_1$, nach John Ralfs.

Fig. 4.



oder bei einzelligen Algen *e*. Sowohl die nachenförmige *f*, die zweihörnige *g* und die strahlige Form *h*, so wie die eingeschnürt-tafelförmige *k* sind nicht selten in gewissen Abtheilungen der Algen zu finden; endlich gehört noch die sternförmige Zelle *i* zu den nicht ungewöhnlichen Gestalten in den markigen Stengeln vieler Sumpf- und Wasserpflanzen.

In der cylindrischen Reihe sind *Fig. 4 a* die kurzen cylindrischen Zellen in allen Theilen der Pflanze sehr häufig, ebenso sind die langen cylindrischen Zellen *b* im Stamme vieler Pflanzen nicht ungewöhnlich.

i sternförmige Zelle aus dem Knoten des Stengels von *Hippuris vulgaris*. Vergr. $^{600}/_{1}$.

k Eingeschnürt tafelförmige Zelle. (* Längen-, ⁑ Queransicht) von *Pycastrum spinulosum*. Näg. Vergr $^{600}/_{1}$, nach Nägeli.

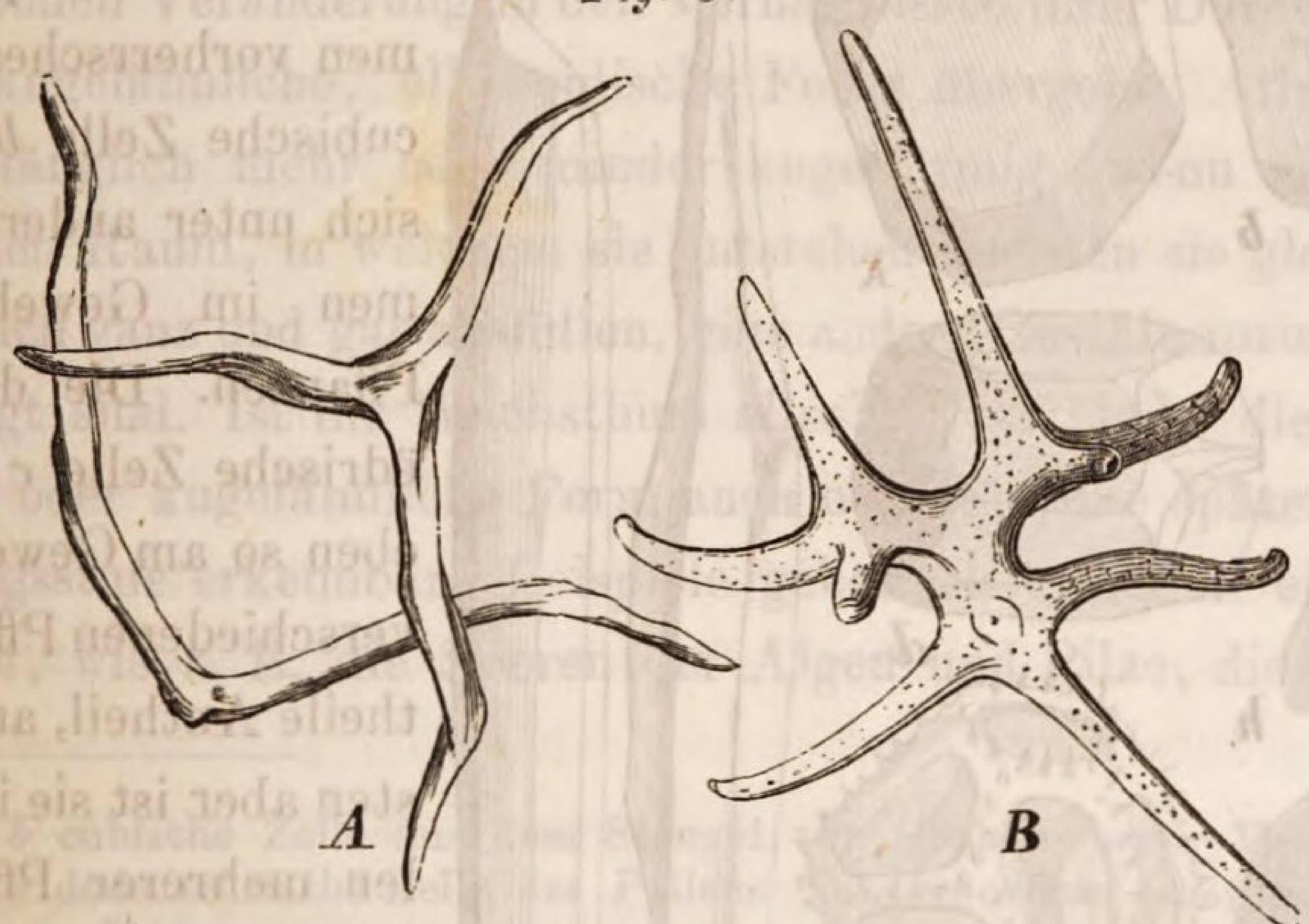
Fig. 4 *a* kurze cylindrische Zelle aus dem Stengel von *Chelidonium majus*. Vergr. $^{240}/_{1}$.

b lange cylindrische Zelle aus dem Mark des Stengels von *Alstonia scholaris*. R. Br. Vergr. $^{150}/_{1}$.

Die spindelförmigen Zellen *c*, *d* bilden zum grossen Theil den Bast und das Holz der Stämme, kommen aber auch an andern Theilen vor. Verzweigt sind viele Zellen des Bastes *e* im ausgezeichneten Grade, doch in diesem Falle trifft die Verzweigung meist den Endtheil der cylindrischen Zelle, dagegen gibt es auch Zellen, welche von Grund aus nach allen Richtungen langgestreckte Fortsetzungen oder Zweige bilden (*Fig. 5 A, B*). Diess findet sich bei den Nymphaeaceen, in den Blättern von Camellia japonica, Scorzonera hispanica u. s. w.

Endlich erlangt die Zelle durch die wiederholten Verzweigungen eine gefässartige Gestalt. Solche Zellen sind dann immer grösser als andere Zellen. Wir werden diese Zellen noch ausführlicher kennen lernen. *Fig. 4 f.*

Fig. 5.



c spindelförmige Zelle aus dem Griffel von *Campanula persicifolia.* Vergr. $^{240}/_1$.

d dessgleichen aus dem Mark von *Tabernaemontana citrifolia.* Vergr. $^{150}/_1$.

e Stück einer verzweigten Zelle aus der Rinde des Stammes von *Euphorbia Tirucalli.* L. Vergr. $^{150}/_1$.

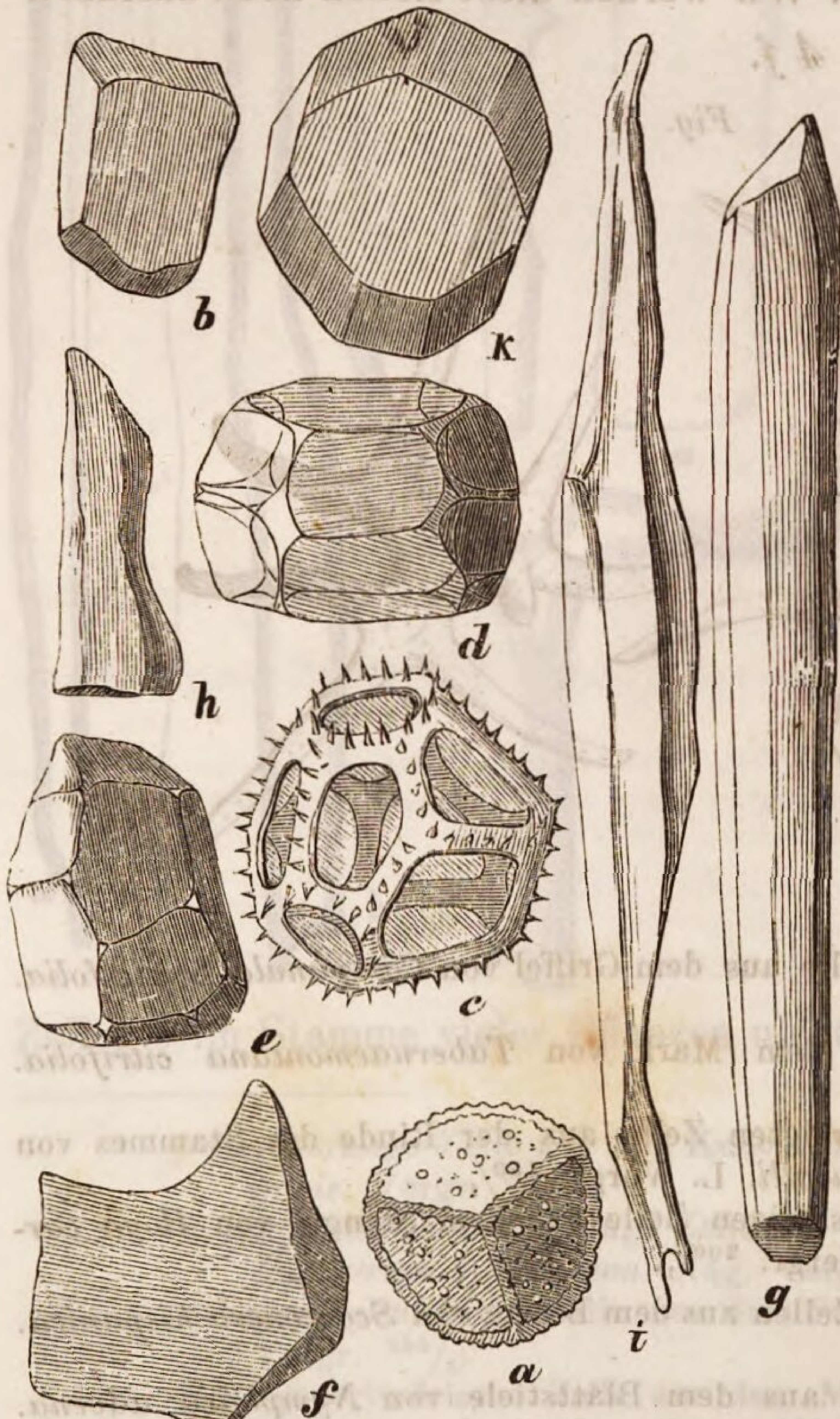
f Stück einer gefässartigen Zelle aus dem Stengel von *Hoya carnosa.* R. Br. Vergr. $^{200}/_1$.

Fig. 5. *A* Zwei verzweigte Zellen aus dem Blatte von *Scorzonera hispanica.* Vergr. $^{166}/_1$.

B Verzweigte Zelle aus dem Blattstiele von *Nymphaea advena.* Vergr. $^{110}/_1$.

§. 9. Weniger zahlreich sind die Zellformen, welche in Folge äusserer Hemmungen von ebenen Flächen begrenzt sind, obwohl es gerade diese Zellbildungen sind, wodurch der Pflanzenkörper der bei weitem grössern Masse nach zusammengesetzt wird. Hieher gehören 1. die tetraëdrische, 2. die cubische, 3. die dodecaëdrische, 4. die polyëdrische, 5. die prismatische, 6. die pyramidale, 7. die prismatisch-pyramidale und 8. die prismatisch-tafelförmige Zelle.

Fig. 6.



Die tedraëdrische Zelle *Fig. 6 a* ist in den Sporen höherer Cryptogamen vorherrschend, die cubische Zelle *b* findet sich unter andern Formen im Gewebe der Pflanzen. Die dodecaëdrische Zelle *c* nimmt eben so am Gewebe der verschiedenen Pflanzentheile Antheil, am reinsten aber ist sie im Pollen mehrerer Pflanzen, namentlich der Cichoraceen, ausgeprägt. Die häufigste und am meisten veränderliche Form ist die polyëdrische *d e*, so wie die prismatische Zelle *g*, seltener und fast nur ausnahmsweise erscheint die pyrami-

Fig. 6. a tetraëdrische Zelle der Spore von *Anthoceros laevis*. Vergr. $^{380}/_{1}$.

dale *h*, dagegen ist die prismatisch pyramidale *i* und die prismatisch - tafelförmige Form *k* sehr gewöhnlich. Die Hauptmasse des Holzes wird von jenen Zellen gebildet.

§. 10. Ursprünglich sind alle frei entstehenden Zellen von kugelförmiger Gestalt, die entweder als solche verharrt oder in Folge der Ausbildung nach und nach in andere Gestalten übergeht. Die nicht frei, d. i. in einem beengten Raume entstehenden Zellen müssen sich anfänglich nach diesem richten, sind aber im Stande, später gleichfalls verschiedene Formen anzunehmen.

Die Grundform der Zelle ist die Kugel, welche bei einer unbedeutenden Veränderung in den Verhältnissen ihrer Durchmesser, in die kugelähnliche, ellipsoidische Form übergeht. Alle Zellen sind anfänglich mehr oder minder kugelförmig, wenn sie nicht durch den Raum, in welchem sie entstehen und den sie gleich ursprünglich ganz und gar ausfüllen, eine andere Gestalt anzunehmen genöthigt sind. Ist ihr Wachsthum allseitig, so bleibt die kugelförmige oder kugelähnliche Form auch noch für eine spätere Entwicklungsstufe erkennbar. Beispiele geben viele Zellen einfacher Pflanzen, wie z. B. die Sporen der Algen und Pilze, die Pollen-

b cubische Zelle aus dem Stengel von *Hoya carnosa*. Vergr. $^{333}/_1$.
c dodecaëdrische Zelle des Pollens von *Cichoreum pumilum*. Vergr. $^{390}/_1$.
d regelmässig polyëdrische Zelle aus dem Marke des Stengels von *Mentha silvestris*. Vergr. $^{170}/_1$.
e unregelmässig polyëdrische Zelle aus dem Marke des Stengels von *Erigeron canadense*. Vergr. $^{83}/_1$.
f keilförmige Zelle, eben daher. Vergr. $^{110}/_1$.
g prismatische Zelle aus dem Marke des Stengels des *Cirsium rivulare*. Vergr. $^{180}/_1$.
h pyramidale Zelle aus dem Marke des Stengels von *Mentha silvestris*. Vergr. $^{110}/_1$.
i prismatisch - pyramidale Zelle aus dem Holze des Hanfstengels. Vergr. $^{213}/_1$.
k prismatisch - tafelförmige Zelle aus dem Marke des Stengels von *Mentha silvestris*. Vergr. $^{170}/_1$.

zellen u. s. w. Die ihre Mutterzellen gleich bei ihrer Entstehung ganz ausfüllenden Tochterzellen können, wenn auch von kugelförmiger Gestalt, dennoch nicht nach allen Seiten abgerundet sein, sondern müssen sich nach ihren Schwesterzellen abplatten. Sie erlangen jedoch die Kugelform häufig, nachdem sie sich von der beengenden Mutterzelle befreit haben.

Durch ungleichmässiges Wachsen erlangen die kugelförmigen Zellen häufig stellenweise eine grössere Ausdehnung und werden dadurch auf die mannigfaltigste Weise unregelmässig.

§. 11. Aus den kugelförmigen Zellen entwickeln sich polyëdrische Zellen nur in Verbindung mit andern und zwar dadurch, dass sie einen gegenseitigen Druck auf einander ausüben.

Freie Zellen sind nie polyëdrisch. Die Sporen und Pollenzellen in Mutterzellen entstanden, sind entweder nach einigen oder nach allen Seiten von ebenen Flächen begrenzt, die sich jedoch häufig wieder krümmen, so wie die noch nicht starre Membran sich ungehindert ausdehnen kann. Vorspringende Leisten an den Kanten geben ihnen zuweilen auch noch in ihrer freien Gestaltung eine scheinbar polyëdrische Form. *Fig. 6 c.*

Nur wo kugelförmige Zellen in gleichmässiger Entwicklung sich begrenzen und nach und nach durch gegenseitigen Druck abplatten, können regelmässige Formen vielaxiger stereometrischer Gestalten entstehen, die mit Tetraëdern, Hexaëdern, Dodecaëdern verglichen werden können. Reine Gestalten der Art oder Combinationen wie in den Krystallen der Mineralien können hier nicht vorkommen, weil ihre Bildung nicht von innen aus, sondern von aussen herein stattfindet. Die Zahl der Flächen und die Winkelverhältnisse sind bei diesen Zellen immer etwas Zufälliges.

§. 12. Wiegen im Wachsthume der Zellen die Dimensionen der Fläche vor, so entstehen daraus plattgedrückte oder tafelförmige Zellen, die entweder regel-

mässige oder unregelmässige Gestalten annehmen, je nachdem ihre Ernährung in diesen Richtungen gleichmässig oder durch Druck angrenzender Zellen gleichförmig begrenzt ist oder nicht.

Tafelförmige Zellen von mannigfaltiger seitlicher Begrenzung finden sich vorzüglich in den äussersten Zellschichten. Hier ist die Ernährung in der Längenrichtung einerseits durch das verschiedene Medium (Luft, Wasser) beinahe unmöglich geworden, daher ihre vorwiegende Breitenausdehnung. Indessen finden sich plattenförmige Gestalten auch im Innern der Pflanzen, hier sind sie aber in der Regel eine Folge seitlicher Hemmungen, daher diese plattgedrückten Zellen keine liegende, sondern eine stehende Richtung einnehmen (Zellen der Markstrahlen u. s. w.).

§. 13. Auf gleiche Weise entstehen durch vorwaltendes Längenwachsthum langgestreckte Zellen und zwar bei freier Entwicklung von cylindrischer, bei seitlich begrenzter von prismatischer Form.

Der Uebergang von der ellipsoidischen in die cylindrische Form der Zellen ist oft sehr allmälig, dagegen wiegt in anderen Fällen der Längendurchmesser vor den übrigen so bedeutend vor, dass er zuweilen mehr als das 500fache derselben beträgt, wodurch solche Zellen bei ihren geringen Breitendurchmessern und bei ihren noch geringeren Lumen wie Fasern erscheinen und auch Faserzellen (cellulae fibrosae) genannt wurden. Solche Zellen verengern sich nach ihren Enden immer mehr und mehr und laufen endlich spitzig zu, während bei minder in die Länge gezogenen Zellen die Enden der ursprünglichen Kugelfläche durch anstossende Zellen in eine mehr oder minder schiefe Ebene abgeflacht werden.

Wie die kugelförmigen und die plattgedrückten Zellen erlangen auch die langgestreckten Zellen durch seitliche Aussackungen ein unregelmässiges Ansehen, ja durch weitere Verzweigungen solcher Aussackungen eine völlig gefässartige Gestalt. Vorherr-

schend einseitige Entwicklung gibt zu diesen Bildungen Veranlassung.

§. 14. Die Pflanzenzellen sind alle mikroskopisch klein, die grössten derselben mit freiem Auge kaum zu erkennen. Sie schwanken zwar innerhalb gewisser Grenzen, aber überschreiten dieselben nie selbst in Pflanzen und Pflanzentheilen von gigantischen Dimensionen. Die langgestreckten Zellen erlangen die grösste, jedoch immerhin nur einseitige Ausdehnung.

Das gewöhnliche Mass kugelförmiger, ellipsoidischer und aus diesem hervorgegangener polyëdrischer Zellen erreicht nicht den dreissigsten Theil einer Linie. Zellen der Art, welche den zwanzigsten Theil und darüber erreichen, werden schon gross genannt. Die grösseren Zellen im Hollundermarke messen $^1/_{10}$ bis $^1/_8$ Linie.

Anders ist es in den einfachen langgestreckten und in den verzweigten Zellen; die spindelförmigen Bast- und Holzzellen erreichen eine Länge von $^1/_3$ bis 1 Linie, während die Breite und Tiefe kaum den hundertsten Theil einer Linie erreicht. So z. B. fand ich die Bastzellen von Hanf (Canabis sativa) bei einer durchschnittlichen Breite von $^1/_{137}$ Linie 1.8''' bis 4.2''' lang, dagegen die Holzzellen derselben Pflanze bei einer Breite von $^1/_{60}$''' bis zu $^1/_5$''' lang. Die Bastzellen des Flachses (Linum usitatissimum)

messen 2.5— 8.2'''

von Linum flavum . 0.7— 1.5'''

von Urtica dioica . . 3 0—12.0'''.

Eine noch grössere Länge erreichen viele cylindrische Zellen der Haare. Jene der Baumwolle werden bis 2 Zoll lang. Eine eben solche Länge, ja bisweilen die doppelte erreicht die Pollenzelle bei ihrem Wachsthume durch den Griffelcanal. Indess finden sich die grössten Zellen dennoch nur unter den einzelligen oder wenigzelligen Algen, wie bei Vaucheria, Bryopsis, Caulerpa, Nitella, Chara u. s. w. Letztere besitzen Zellen von $^1/_3$''' im Querdurchmesser

und von mehreren Zollen Länge. Eben so weit wie die Grösse der Zellen von dem mittleren Masse nach der einen Seite weicht sie auch nach der andern ab, so dass die kleinsten Zellen kaum einen Durchmesser von $^1/_{300}'''$ erreichen. In ungewöhnlichen Fällen finden wir Zellen, deren Ausmass noch unter $^1/_{1000}$ Linie fällt. Die Sporen des Flugbrandes (Uredo Segetum Pers.) messen $^1/_{300}'''$, des Oidium Tuckeri nach dem längsten Durchmesser $^1/_{500}'''$, nach dem kürzeren $^1/_{700}'''$ und Palmella hyalina $^1/_{1000}$—$^1/_{3000}'''$.

§. 15. Da die Möglichkeit des Stoffwechsels eines Körpers von einem bestimmten Verhältnisse seiner Oberfläche zum Rauminhalte abhängig ist, und jene jedenfalls ein mehrfaches (wenigstens ein 10faches) von diesem sein muss, so geht daraus die Nothwendigkeit der mikroskopischen Kleinheit der Zellen hervor.

Wie bereits angegeben, ist die Grösse der Pflanzenzellen eine innerhalb bestimmter Grenzen festgestellte und ganz und gar unabhängig von der Grösse der Pflanze oder des Organes, das sie zusammensetzen. Die Existenz der Zelle scheint nur bei einer mikroskopischen Grösse möglich zu sein, da jede andere das für Aufnahme und Abgabe der Stoffe nothwendige Verhältniss von Oberfläche und Rauminhalt unmöglich macht. Nehmen wir die Mittelgrösse der Pflanzenzelle zu 0.1 Millimeter an (wie z. B. die kleineren Zellen des Hollundermarkes), so beträgt bei der Kugelgestalt derselben die Oberfläche 0.03 Quadrat - Milm. und der Körperinhalt 0.0005 Milm. Cub. Es ist also das Verhältniss der Oberfläche zum Volumen der Zelle wie 1:0.0166.

Ein zehnmal grösserer Durchmesser der Zelle gibt fort und fort wie folgt:

Durchmesser Millimeter	Oberfläche Quadrat-Millimeter	Kugelinhalt Millimeter Cub.	Verhältniss der Oberfläche zum Kugelinhalt
0.1	0.03	0.0005	1 · 0.0166
1.0	3.00	0.5	1 : 0.166
10	300	500	1 : 1.66
100	30000	500000	1 : 16.6.

Günstig ist das Verhältniss allerdings noch bei langgestreckten und verbreiterten Zellen Eine Zelle von 0.1 Millim. Durchmesser und 2 Millim. Länge hat 0.615 Millim. Oberfläche und 0.015 Inhalt. Es verhält sich also erster zur letzteren wie 1 : 0.024.

Leukart, Ueber einige Verschiedenheiten der Thiere und Pflanzen. (Archiv für Naturgeschichte. 1851, p. 146.)

II. Abschnitt.

Von dem Baue und der Beschaffenheit der Zellwand.

§. 16. Nächst der Form der Zelle ist ihr Bau, der sich vorzüglich in der anatomischen und chemischen Beschaffenheit der Zellwand ausspricht, von grösster Wichtigkeit, um so mehr, als dieser Theil eben so wie der Inhalt verschiedenen Veränderungen unterliegt und in der jungen, erst entstandenen Zelle anders beschaffen ist als in der erwachsenen und in der alternden.

Zuerst ist ihre anatomische Beschaffenheit, d. i. ihre Structur zu betrachten.

§. 17. In jeder Zellwand lassen sich mehrere über einander liegende und unter sich auf das Innigste zusammenhängende Schichten von verschiedenem Baue und verschiedener Beschaffenheit unterscheiden. Alle diese Schichten schliessen den Inhalt der Zelle ein und stehen zu demselben in verschiedenen Verhältnissen je nach ihrer chemischen und physikalischen Beschaffenheit und ihrer unmittelbaren oder mittelbaren Verbindung mit demselben.

Die Unterscheidung der verschiedenen Schichten, welche die Begrenzung der Zelle nach aussen bilden, ist erst durch die Ver-

besserung der Mikroskope und der Untersuchungsmethoden möglich geworden. Während man früher nur von Einer Zellhaut sprach, unterscheidet man jetzt mehrere Häute, deren genaue Kenntniss von wesentlichem Einflusse auf die Erklärung der Bildungsvorgänge ist.

§. 18. In jeder ausgebildeten Zellwand unterscheidet man von aussen nach innen eine Schichte, welche man primäre Zellwand nennt, auf welcher häufig nach einwärts eine zweite Schichte, die secundäre Zellwand, zuweilen auch noch eine dritte Schichte, die tertiäre Zellwand folgt. Diese Schichten zusammen, ein mehr oder weniger derbes Häutchen bildend, werden innerlich noch von einer sehr zarten nur in wenigen Fällen minder zusammenhängenden Membran, dem Primordialschlauche, ausgekleidet, äusserlich findet sich zuweilen noch eine gallertartige Hülle, die sogenannte Hüllmembran über denselben.

Von allen diesen Membranen sind die primäre Zellwand und ihre Verdickungsschichten diejenigen, welche am meisten auffallen, die Festigkeit der Zelle bedingen, und in ihrem mikroskopischen Baue die grösste Mannigfaltigkeit zeigen.

Die Zellhaut, welche man lange Zeit für die einzige Pflanzenmembran hielt, ist die primäre Zellwand, später lernte man die Verdickungsschichten (die secundäre und tertiäre Zellwand) kennen. Die Existenz einer von dieser durchaus verschiedenen nie fehlenden Haut, die in der Bildung der Zellen dieser sogar stets vorangeht, der Primordialschlauch, wurde erst neuerlichst mit Sicherheit erkannt. Die Hüllmembran, eine von den genannten Häuten verschiedene Haut, scheint auf wenigere Fälle beschränkt zu sein.

§. 19. Ursprünglich ist die eigentliche, d. i. feste Wand der Zelle eine dünne, wasserhelle, homogene Membran, an der man selbst mit den besten optischen Instrumenten weder eine körnige noch eine faserige Structur zu erkennen im Stande ist.

Die primäre Zellwand der entstehenden Zelle ist von der ausgebildeten Zellwand sowohl durch physikalische als chemische Merkmale verschieden. Sie ist von nicht messbarer Dünnheit, durchaus gleichartig und undurchbrochen, und eben so wenig im Wasser löslich als die ausgebildete Membran. Eine spiralige Anordnung der sie zusammensetzenden kleinsten Theilchen (Moleküle) ist noch auf keine Weise zu erkennen.

Harting und Mulder behaupteten zwar, dass sehr allgemein die primäre Zellmembran der jugendlichen Zelle von kleinen Oeffnungen durchbohrt sei, die nicht durch Resorption der diese Stelle verschliessenden Haut entstanden seien. Dagegen zeigte aber v. Mohl, dass diess bei der noch nicht verdickten Zellhaut keineswegs der Fall ist und gibt an, dass man sich hievon am besten überzeugen könne, wenn man dergleichen Zellhäute mit concentrirter Jodtinctur färbt und später mit Wasser benetzt, auch wohl gar eintrocknen lässt. So namentlich bei Markzellen der Knospen von Sambucus nigra, Asclepias syriaca u. s. w. Sobald man indess Tüpfel auf der Membran gewahr wird, hat man es nicht mehr mit der einfachen primären Zellhaut zu thun. Die jüngste Zellhaut erscheint immer ohne Tüpfel und ist also vollkommen geschlossen.

Auch die Behauptung, dass die Pflanzenmembran aus feinen Fasern zusammengesetzt sei, die auf verschiedene Weise vereiniget und in einander verwoben die Begrenzung jener Räume darstellen sollen, die wir Zellen nennen, hat sich bei genauer Untersuchung als unrichtig herausgestellt. Ein näherer Nachweis solcher scheinbarer Anomalien im Baue der Zellmembran wird in den Paragraphen 23 und 24 gegeben.

§. 20. Die zarte primäre Zellmembran verharrt keineswegs in diesem Zustande, sondern nimmt in Folge ihrer Ausbildung bis auf eine gewisse Grenze an Dicke zu. Diess geschieht hauptsächlich dadurch, dass neue der primären Zellhaut ähnliche Schichten sich fortwährend auf die Innenwand der bereits gebildeten Schichten ablagern. Diese sind es, welche man als secundäre und tertiäre Zellschichten (Verdickungs- oder Verholzungsschichten) bezeichnet hat.

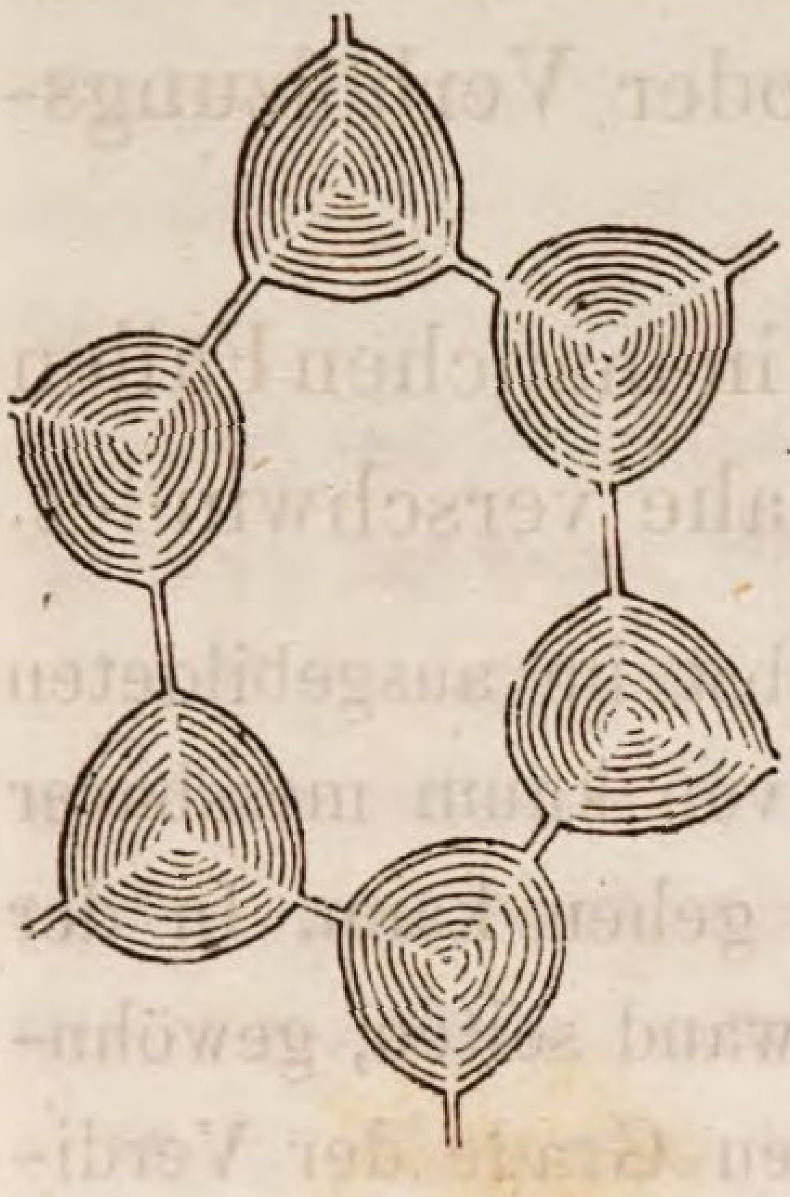
Die Verdickung der Zellwand kann in manchen Fällen so weit gehen, dass der Zellraum beinahe verschwindet.

Die Zartheit der Zellmembran hat selbst im ausgebildeten Zustande sehr verschiedene Grade, welche von kaum messbarer Dicke bis zum Dreissigfachen und darüber gehen kann. In der Regel sind die Extreme in der Dicke der Zellwand selten, gewöhnlich verharrt dieselbe bei einem sehr mässigen Grade der Verdickung und erlangt nur in seltenen Fällen jenen ausserordentlichen Zuwachs. Dieser Umstand gibt Veranlassung, die Zellen rücksichtlich dieser Eigenschaft in dünnwandige (cellulae leptotichae) und in dickwandige (cellulae pachytichae) einzutheilen, wobei natürlich auf die Form keine Rücksicht genommen ist, da dünn- und dickwandige Zellen mit jeder Gestalt vereinbart sein können.

Das Dickerwerden der Zellmembran erfolgt grösstentheils dadurch, dass auf die Innenseite der zuerst gebildeten Membran sich fortwährend nach und nach neue Schichten von ähnlicher Beschaffenheit anlegen, und dabei in gleichem Masse den Zellraum verkleinern. Diese Verdickungsschichten sind häufig so allmälig in einander übergehend, dass man sie im Einzelnen nicht zu erkennen im Stande ist, zuweilen jedoch durch das verschiedene Lichtbrechungsvermögen in ihren äussern und innern Theilen, auf dem Querschnitte recht wohl zu unterscheiden, und selbst durch mechanische und chemische Mittel von einander zu trennen.

§. 21. Die Ablagerung der Verdickungsschichten erfolgt in der Regel nach allen Seiten der Zelle in gleichem Masse, allein zuweilen bleibt dieselbe partiell auf einen Theil oder auf einige wenige Theile der Zelle beschränkt. Dadurch entstehen einseitig oder mehrseitig verdickte Zellen.

Fig. 7.



Eine einseitige Verdickung der Zellwand bemerken wir sehr häufig in den Epidermiszellen, wobei die nach der Aussenseite stattgefundene Verdickung gegen die dünnbleibende Innenseite der Zelle um ein Bedeutendes absticht. Beispiele geben die Epidermiszellen von Hoya carnosa (*Fig 68*), Dasylirion, Viscum album, Cycas circinalis u. s. w. Eine mehrseitige Verdickung findet statt in den Zellen der Blätter von Jungermannia Taylori, von Nymphaea alba, Ceratophyllum demersum (*Fig. 7*), in den sogenannten Collenchymzellen der Chenopodeen, Amaranthaceen u. s. w.

§. 22. Viel häufiger sind die gleichmässig vertheilten Verdickungsschichten durchbrochen und bedecken daher die primäre Zellmembran nicht vollständig. Solche Verdickungsschichten nehmen einmal die Form eines Siebes, eines Gitters, eines weitmaschigen Geflechtes oder wohl gar von einander abstehender nur hie und da mit einander verknüpfter Ringe oder spiralig verlaufender Faserstränge an. Da die unbedeckt gebliebenen Stellen

Fig. 7. Eine durchschnittene Zelle aus dem Stengel von *Ceratophyllum demersum*, in Verbindung mit 6 nachbarlichen Zellen durch Schwefelsäure aufgequollen, wodurch die Verdickungsschichten deutlich erscheinen. Vergr. 390/1.

dieser Zellen das Licht leichter durchlassen als die verdickten Stellen, so erscheinen im durchfallenden Lichte dergleichen Zellwände mannigfaltig gezeichnet. Nach der Form der Verdickungsschichten werden sie a) punctirte oder getüpfelte Zellen (cellulae porosae), b) Netzfaserzellen (cellulae retiferae) und c) Ring- und Spiralfaserzellen (cellulae spiriferae) genannt.

Fig. 8.

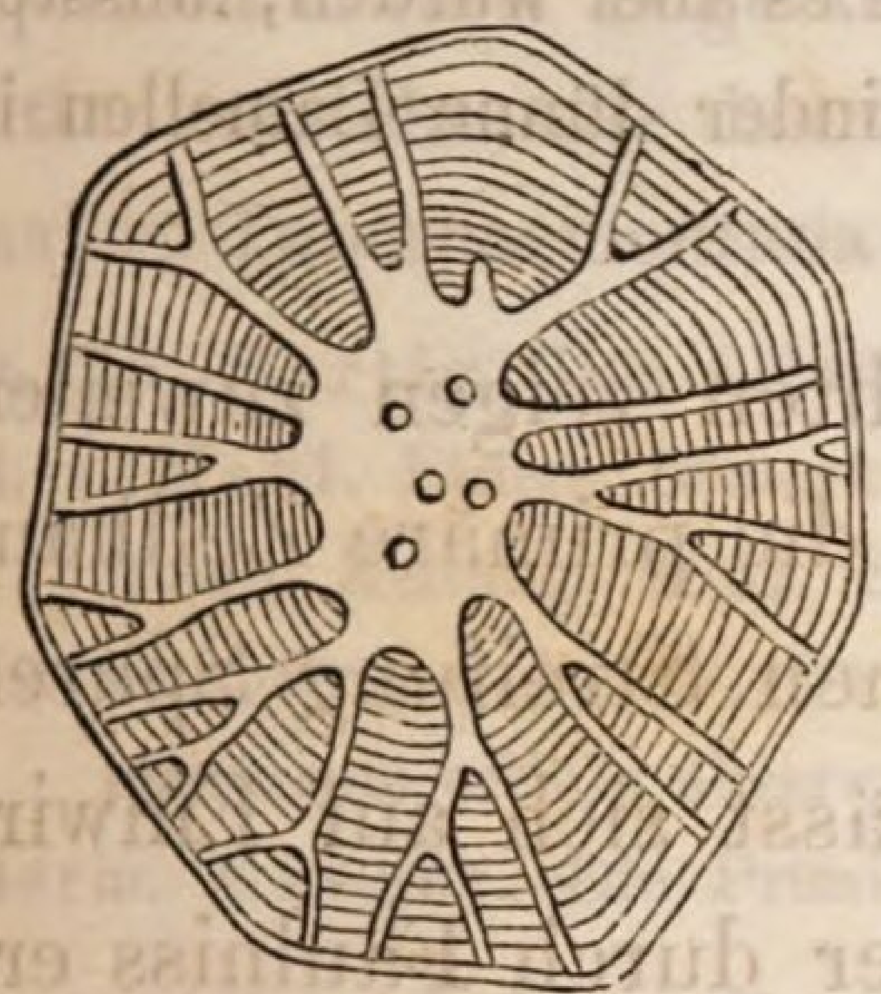
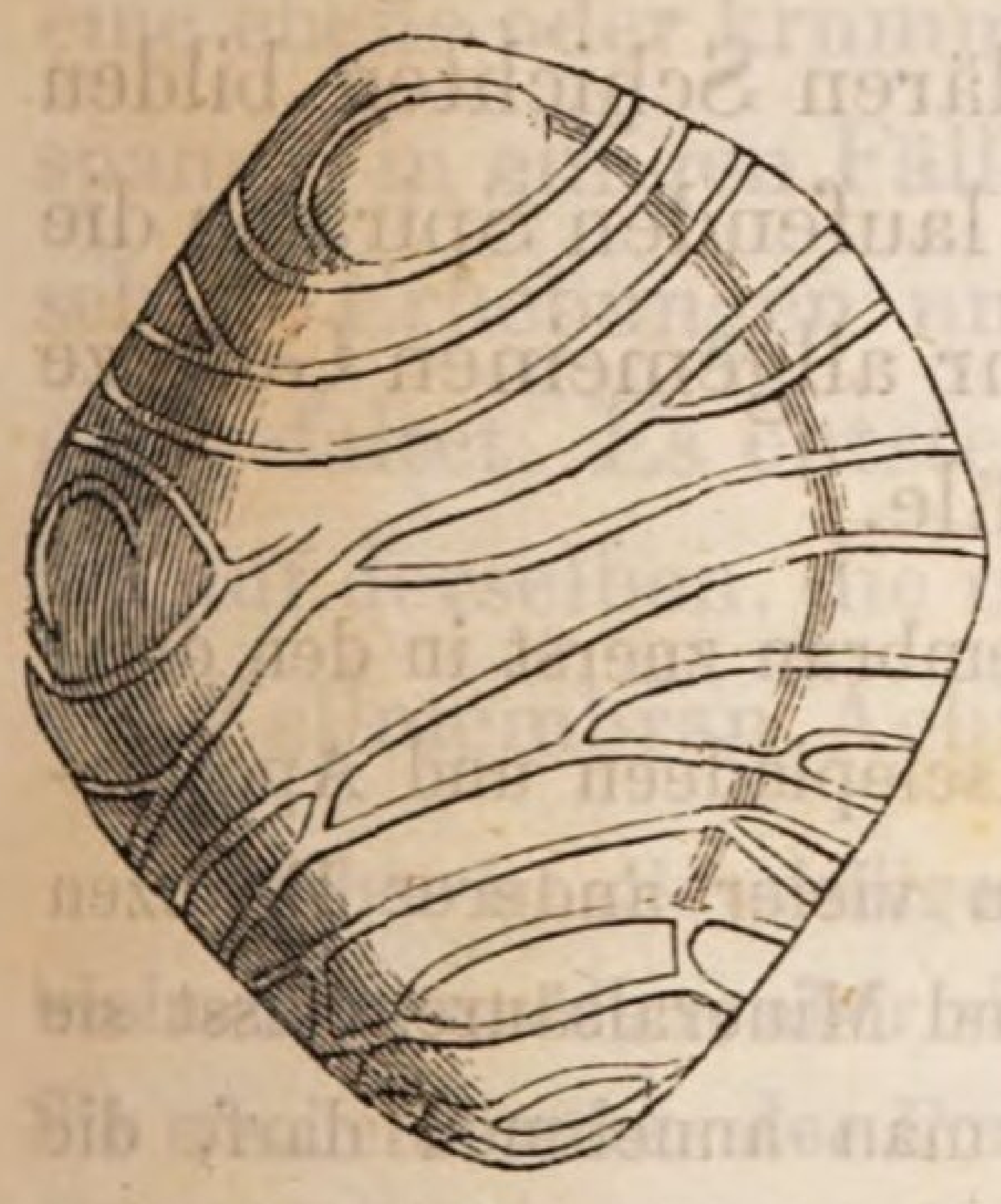


Fig. 9.



Die Form der ersten Verdickungsschichte bedingt die Form aller übrigen, eben so fallen die gleichartigen Theile aller Schichten stets genau über einander, so dass also jede dickwandige Zelle durch Einschachtlung ganz gleicher nach innen kleiner werdender und genau auf einander passender Zellhäute entstanden ist. Bei starker Verdickung punctirter Zellen erlangen die Tüpfel die Form von Canälen, welche mehr oder minder senkrecht die Gefässwand bis auf die primäre Schichte durchbohren. *Fig. 8.*

Die meisten verdickten Zellen erscheinen als poröse oder getüpfelte Zellen, seltener sind die Netzfaserzellen (*Fig. 9*) und noch sparsamer erscheinen die Spiralfaserzellen. Ist die primäre Zellwand dünn und farbelos, und die poröse Verdickungsschichte nicht stark, so gewinnt eine solche Zellmembran allerdings das Ansehen von

Fig. 8. Durchschnitt einer sehr dickwandigen Zelle aus dem Marke des Stengels von *Hoya carnosa*. Vergr. $^{390}/_{1}$.

Fig. 9. Netzfaserzelle aus dem Blatte von *Sanseviera guineensis*. Vergr. $^{240}/_{1}$.

Durchlöchertsein. Färbung mit Jodtinctur und ein durch den Porus laufender Schnitt überzeugt jedoch stets hinlänglich, dass in allen diesen Fällen keine wirkliche Durchlöcherung stattfindet. Je dickwandiger die poröse Zelle wird, je mehr nimmt die anfänglich punctoder kreisförmig verdünnte Stelle die Form eines Kanales an, der an der primären Zellwand blind endet, und sich in dem Zellraum meist trichterförmig erweitert. Bei fortwährender Verengerung des Lumens treten wohl zwei und mehr Porencanäle zu einem gemeinschaftlichen Canal zusammen. *Fig 8.* Netzfaser- und Spiralfaserzellen werden nie so dickwandig. Falls sie es aber würden, müssten ihre verdickten Theile als mehr oder minder dünne Lamellen in den Zellraum hineinragen.

§. 23. Die Verdickungsschichten zeigen zuweilen auch dann, wenn sie gleichförmig die primäre Zellhaut bekleiden, in einer spiraligen feinen Streifung Spuren von Organisation, oder dieselbe lässt sich auf Einwirkung zersetzender Substanzen oder durch Fäulniss erkennen. Es rührt diess von ungleicher Dichtigkeit der Substanz her, welche die secundären Schichten bilden und zeigt in der Form von parallel laufenden Spiralen die nach einem im Pflanzenreiche sehr allgemeinen Gesetze erfolgende Anordnung der Moleküle.

Man hat diese Steifung der Zellmembran zuerst in den dickwandigen spindelförmigen Zellen der Asclepiadeen und Apocinaceen, später auch in ähnlichen Zellen vieler anderer Pflanzen gefunden. Durch Kochen in Aetzkali und Mineralsäuren lässt sie sich fast überall nachweisen, so dass man annehmen darf, die secundären Schichten sind auch da, wo sie gleichförmig erscheinen, durch eine regelmässige Anordnung der kleinsten Moleküle nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit gebildet. Beim Verwesungsprozesse werden die Moleküle einer Art leichter zerstört als die der andern, daher auch hier eine Steifung erscheint, wo sie anfänglich

nicht wahrzunehmen war, wie z. B. in den spindelförmigen Zellen des Holzes von Pinus. Ja bei Macerationsversuchen lässt sich die Verdickungsschichte in der Regel in ganz kleine Fasern (Primitivfasern) auflösen, während die primäre Zellmembran als ein homogenes Häutchen zurückbleibt. Sehr bemerkenswerth ist es ferner, dass die einzelnen kleineren auf einander gelagerten Schichten der scheinbar homogenen secundären Zellhaut in ihrem Bau verschieden sind, dass auf spiralige Lagen nicht spiralige folgen, wie z. B. bei den Bastzellen von Hoya carnosa, oder was häufiger ist, dass sich die Spiralen in ihrer Lage kreuzen, wodurch ein regelmässiges Fasergitter entsteht, wie das unter andern bei den Bastzellen von Vinca major, Tabernaemontana citrifolia u. s. w. der Fall ist.

D. Th. Hartig, Das Leben der Pflanzenzelle u. s. w. 1844. 4.
H. v. Mohl, Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle. Botan. Zeitung. 1844. Stck. 15.
Nathan Pringsheim, De forma et incremento stratorum crassiorum in plantarum cellula observationes quaedam novae. Linnaea, 1848, p. 145.
Herm. Krüger, Die Primitivfaser. Botan. Zeitung. 1854. Stck. 4.

§. 24. In der Regel ist die Wand der Zelle, sie mag eine ebene oder krumme Fläche bilden, glatt und ausgespannt, in einigen Fällen ist dieselbe jedoch durch wechselnde Erhebungen und Vertiefungen wellig oder wohl gar gefaltet. Es entstehen dadurch mannigfaltige Streifen auf derselben, die mit den Streifen durch Verdickung der Zellmembran Aehnlichkeit haben.

Bisher ist die wellige Streifung der Zellmembrane noch wenig beobachtet worden, aber sie kommt im ganzen Gewächsreiche vor. Sie erscheint unter der Form einer parallel laufenden Undulirung, die jedoch jederzeit gegen die Kanten hin verschwindet. Man sieht diess in den Blättern von Hechtia, Dasylirion, Cucurbita, Nymphaea, Najas u. s. w. Jüngere Zellen besitzen diese Wellung nicht. Sie tritt erst im reiferen Alter der Zelle ein, und erscheint demnach als Folge ungleichmässigen Wachsthumes, die in der

Mitte der Wand am stärksten ist und nach dem Rande abnimmt. Bei Oedogonium haben die ringförmigen Einschnürungen der freien Zellen wohl *eine* andere Ursache. Dagegen dürften die vielbuchtigen Seitenwände der Epidermiszellen an Laub und Blumenblättern u. s. w., zum Theil auch in ähnlichen Wachsthumsverhältnissen ihren Grund haben.

Dass die scheinbar faserige Structur von Conferva Melagonium, Griffithia equisetifolia, Polysiphonia complanata u. a. nicht aus feinen die Zellhaut zusammensetzenden Fasern entstehe, hat v. Mohl erwiesen. Er zeigte, dass die erwähnten Fasern nur Falten sind.

Mehr regelmässige und zwar spiralig verlaufende Faltungen finden sich in den Wurzelhaaren von Marchantia polymorpha.

C. Nägeli, Botanische Beiträge. Linnaea, 1842, p. 261.

J. G. Agardt, De cellula vegetabili febrillis tenuissimis contenta. Lundae, 1852. 4. 2 Taf.

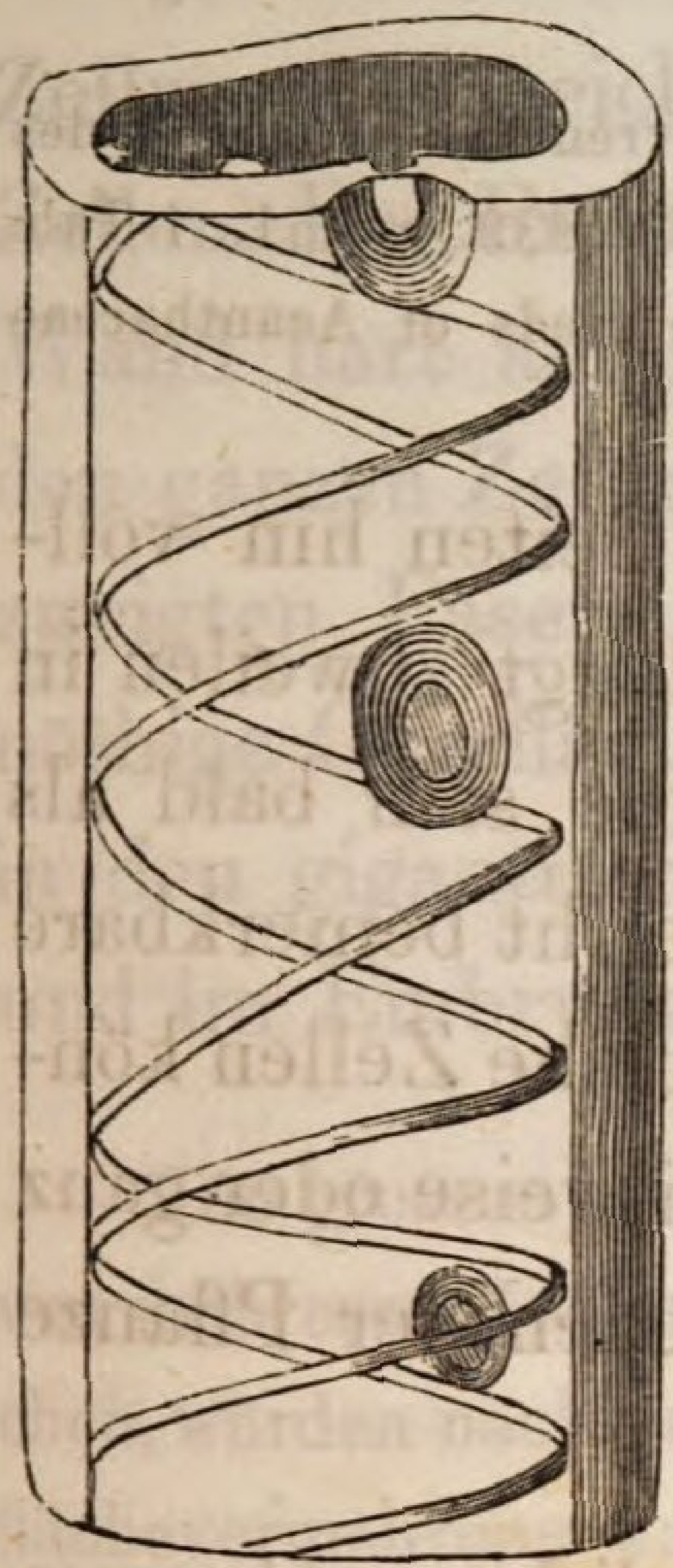
H. v. Mohl, Ueber die Zusammensetzung der Zellmembran aus Fasern. Botan. Zeitung. 1853. Stck. 43, 44.

R. Caspary, Ueber Steifung der Zellwand, verursacht durch Wellung. Botan. Zeitung. 1853, p. 801.

§. 25. Ausser den secundären Zellschichten kann man füglich auch noch eine tertiäre Schichte unterscheiden, wo diese im Baue von jenen abweicht. Auf die homogene primäre Zellmembran folgen dann entweder gleichfalls homogene Schichten, aber von anderer Beschaffenheit oder Tüpfel- und Faserschichten, und auf diese endlich eine Faserschichte oder eine homogene Schichte, wenn die secundären Schichten Faserschichten waren. Solche mehrmals wechselnde Structurunterschiede in der Zellmembran kommen nur bei wenigen Pflanzen und ausschliesslich an gewissen Theilen vor.

Beispiele von solchen Zellen geben die Holzzellen von Taxus und anderer zur Familie der Taxineen gehöriger Pflanzen, die Holzzellen von Viburnum Lantana u. m. a., wo die secundäre Membran

Fig. 10.



eine Tüpfelmembran, die innerste oder tertiäre Membran eine Faserschichte ist. *Fig. 10.*

Noch verbreiteter findet sich diese Structur in den Samenhüllen von Pflanzen aus sehr verschiedenen Familien, wie z. B. bei Labiaten, Polemoniaceen, Acanthaceen, Compositen, Pomaceen u. s. w. Hier ist die secundäre Zellmembran eine homogene im Wasser leicht und stark anschwellende Membran und die tertiäre Schichte eine Faserhaut. So das Pericarpium von Salvia, Ocymum, Senecio, die Epidermis des Samens von Collomia, Gilia, Ipomopsis, Pulemonium u. s. w. *Fig. 11.* Umgekehrt ist in der Samenhaut der Acanthaceen, namentlich von Ruellia, Acanthodium die secundäre Schichte eine Faserhaut, dagegen die tertiäre Schichte eine homogene stark aufquellende Haut. *Fig. 12.*

Fig. 11.

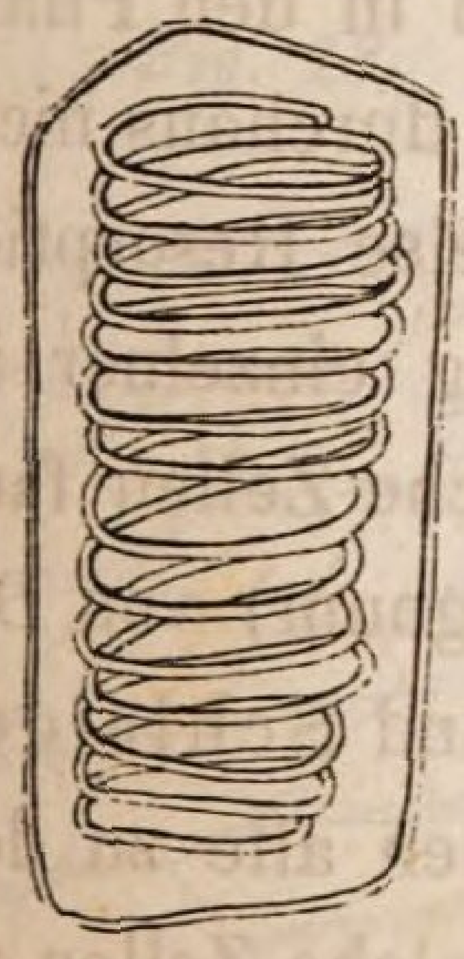
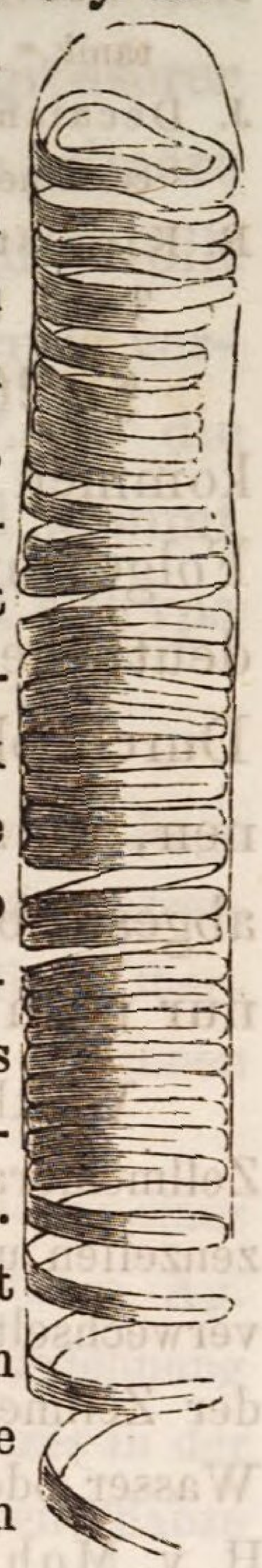


Fig. 12.



Will man solche Zellen in ihrer Integrität anschaulich machen, so muss man sie mit Alkohol behandeln; durch Wasser erfolgt stets eine Berstung der primären Haut.

Fig. 10. Ein kleines Stück einer Holzzelle von *Taxus baccata.* Vergr. $^{590}/_{1}$. Man bemerkt auf dem Querschnitt, dass die Spiralfasern die innerste Schichte der Zellmembran bilden.

Fig. 11. Eine einzelne Zelle aus der Epidermis der Samendecke (Integumentum) von *Pulemonium coeruleum.* Vergr. $^{390}/_{1}$.

Fig. 12. Zelle aus dem Haare der Testa eines Samens von *Acanthodium spicatum*, welchen ich von Herrn R. Brown erhielt. Vergr. $^{390}/_{1}$.

J. M. Schleiden, Beiträge zur Phytogenesis, in den »Beiträgen zur Botanik.« I. p. 134 sq.

J. Decaisne, Sur la structure des poils, qui couvrent le péricarpe des certaines Composées. Ann. d. sc. nat. 2 Sér. XII. 1839. p. 251. 1 Tab.

R. Kippist, On the existence of spiral cells in the seeds of Acanthaceae Trans. lin. soc. XIX. p. 65. 1 Taf. 1845.

§. 26. Die anfänglich nach allen Seiten hin vollkommen geschlossene Zellmembran erlangt zuweilen in Folge ihrer Ausbildung Oeffnungen, die sich bald als deutliche Löcher, bald als feine nicht leicht bemerkbare Durchbohrungen zu erkennen geben. Solche Zellen können, wo sie immer vorkommen, als theilweise oder ganz abgestorben angesehen werden, und dienen der Pflanze nur noch zu physikalischen Zwecken.

Wirkliche Durchlöcherungen der anfänglich geschlossenen Zellmembran gehören zu den grössten Seltenheiten in den Pflanzenzellen und dürfen mit den Poren oder Tüpfeln durchaus nicht verwechselt werden. Sie entstehen durch theilweise Resorption der Zellmembran, die wiederum auf Umwandlung einzelner im Wasser oder Zellsaft löslichen Theile beruht. Solche Zellen fand H. v. Mohl in den Blättern des Torfmooses (Sphagnum) von Dicranum glaucum, Octoblepharum album u. s. w. und Schleiden auch noch in anderen Moosen. Ueberhaupt scheinen alle zu den Sphagnaceen und Leucophaneen gehörigen Moose solche Zellen zu besitzen, die ihrerseits wesentlich dazu beitragen, um denselben die ihnen eigenthümliche Farbe und Beschaffenheit zu ertheilen.

Ausserdem kommen durchlöcherte Zellen z. B. in der Samenhaut von Martynia vor. In selteneren Fällen mögen sich die Tüpfel mancher Zellen wohl auch zu wahren Löchern umbilden, wie ich das bei den Holzzellen von Pinus nachwies.

H. v. Mohl, Anatomische Untersuchungen über die porösen Zellen von Sphagnum. Diss. 1837. Vermischte Schriften p. 294.

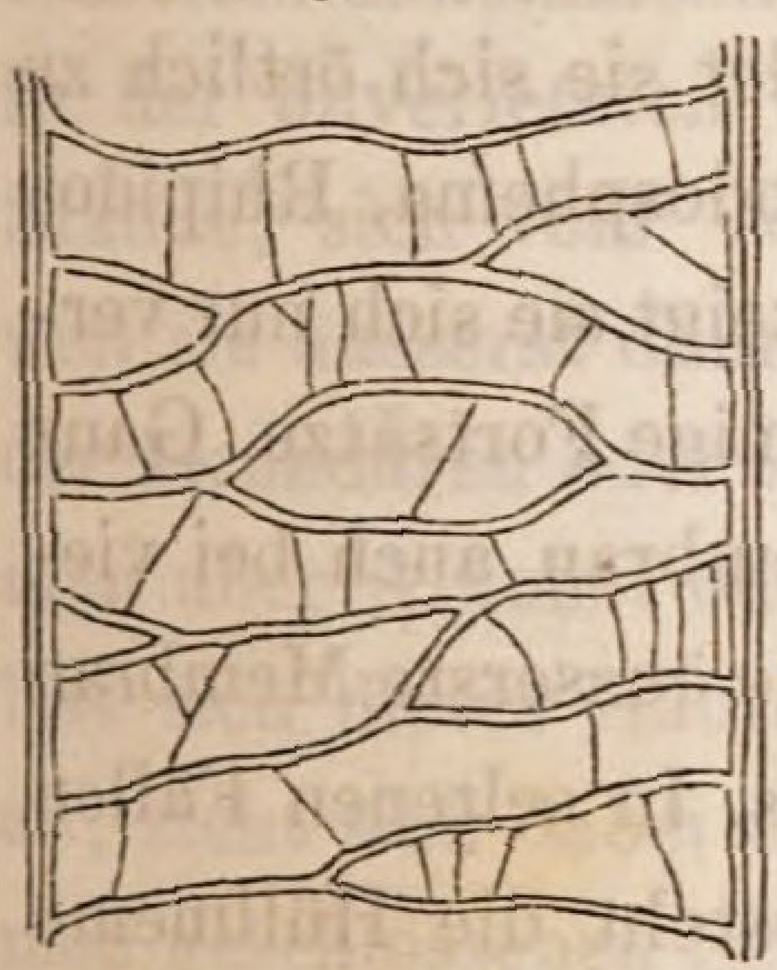
M. J. Schleiden, Beiträge zur Botanik p. 69.

F. Unger, Botanische Beobachtungen. I. Botan. Zeitung. 1847, p. 249.

§. 27. Ganz von dem bisher beschriebenen Baue der Zellwand abweichend findet sich jener einiger grösserer Zellen. Das Fasernetz, welches sich sonst an die primäre Wand hart anlegt, erhebt sich von dieser und erfüllt den ganzen Zellraum mit ausgespannten netzförmig verzweigten Fasern und ertheilt dadurch der Zelle die nöthige Oberfläche und Spannung. Dieser Fall kommt in den gigantischen Zellen der Algengattung Caulerpa und im Embryosacke von Pedicularis silvatica vor.

Die grossen verzweigten Zellen von Caulerpa, die eine Länge von mehreren Zollen und eine Breite von mehreren Linien erreichen, würden nach dem Vorausgeschickten (§. 15) ohne diese Oberflächevermehrung kaum lebensfähig sein, und eben so die ihnen nöthige Spannung nicht dauernd zu erhalten im Stande sein.

Fig. 13.



Der Längenschnitt eines Stückes einer solchen Zelle von Caulerpa prolifera Ag. nach Nägeli *(Fig. 13)* zeigt die Ausdehnung und den Ursprung dieses Fasernetzes in der erwachsenen Pflanze. In der jüngeren Pflanze und an den Endtheilen rücken die Maschen etwas näher an einander.

Wenn man bedenkt, dass die Caulerpen in der Flora der Vorwelt eine ganz hervorragende Rolle spielten und wahrscheinlich mit zu den ältesten Pflanzen unserer Erde gehörten, so könnte man in dieser Zellwandbildung vielleicht wohl eine ursprüngliche und unvollkommene Gestaltung erkennen, die erst bei den höher organisirten Gewächsen eine einfachere vollendete Form erhält.

In der vordern Aussackung des Embryosackes des halbreifen Samens von Pedicularis silvatica hat Schacht (Entwicklung des Pflanzenembryo p. 10 t. 15. f. 6) ähnliche fadenförmige Fortsätze der Zellwand beobachtet, welche sich mannigfaltig ver-

zweigend und verbindend das Zusammensinken dieser Aussackung verhindern.

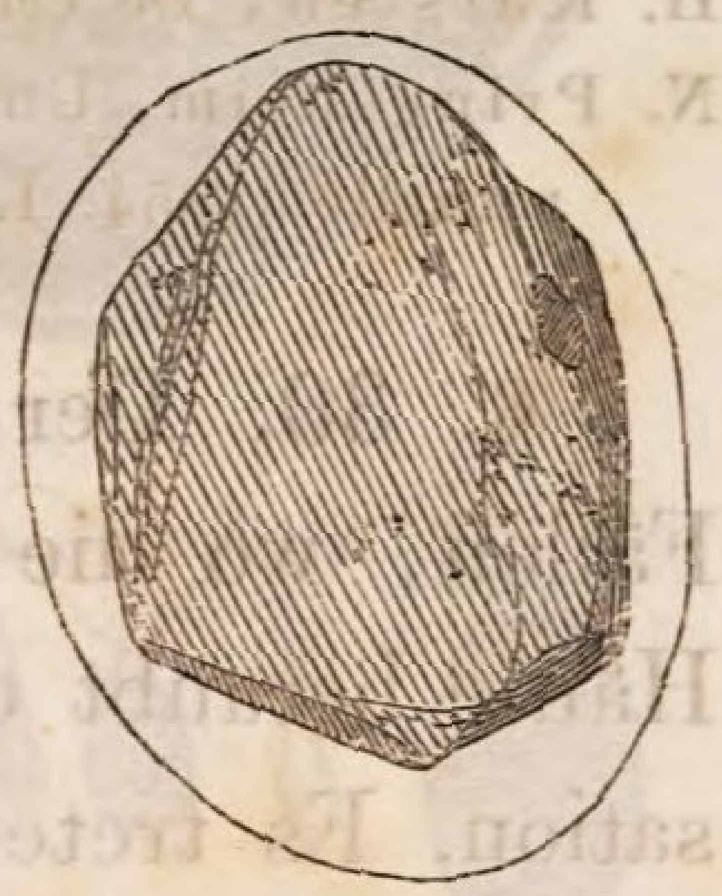
§. 28. So wie die Verdickungsschichten auf die primäre Zellhaut nach innen zu auf einander folgen, findet zuweilen auch nach aussen von derselben eine ähnliche Ablagerung in Form einer Membran statt. In den meisten Fällen ist diese Zellschichte kaum bemerkbar, in andern hingegen ist sie auffallend geformt oder erreicht eine bedeutende Dicke. Man nennt diese Zellschichte äussere Membran oder Hüllmembran.

Am auffallendsten erscheint die Hüllmembran bei den niederen Algen, wo sie namentlich bei Chroococcaceen *(Fig. 2 a, c)*, Palmellaceen, Nostoceen u. s. w. eine starke gallertartige Schichte darstellt, welche die dünne zarte Zellmembran überzieht. Bei mehreren Diatomaceen (Encyonema, Sphenella, Schizonema, Micromega) ist diess auch der Fall, bei andern hingegen bildet sie sich örtlich zu einem Stiele aus (Gomphomena, Sphenella, Podosphema, Rhipidophora u. s. w.). Bei den Desmidiaceen endlich zeigt sie sich nur verkümmert als Warzenhaare oder als stachelförmige Fortsätze. Ganz in derselben Gestalt erkennen wir die Hüllmembran auch bei vielen Pollenzellen wieder, wie überhaupt hier die äusserste Membran durchaus als Hüllhaut angesehen werden muss. In seltenen Fällen — bei den Sporen der Zygnemaceen — besteht die Hüllmembran aus zwei gesonderten und verschieden ausgebildeten Häuten. In Verbindung der Zellen erscheint sie natürlich in einer eigenthümlichen Form, von der wir später sprechen werden.

§. 29. Ausser allen diesen Membranen oder Schichten der häutigen Begrenzung besitzt die Zelle noch eine Haut, welche, obgleich gegen alle übrigen von minderem Belange, dennoch als die bei weitem wesentlichere betrachtet werden muss. Sie stellt ein äusserst zartes

weiches Häutchen dar, welches ohne Ausnahme die innerste aller Schichten ausmacht und sich sowohl durch seine physikalischen als chemischen Eigenschaften von allen übrigen Schichten auszeichnet. Man hat sie mit dem Ausdrucke Primordialschlauch (utriculus primordialis) bezeichnet.

Fig. 14.



Diese Haut wurde zwar schon von Hartig als eine feine, leicht zerreissbare, aber dennoch zusammenhängende Zellmembran erkannt, jedoch mit der tertiären Zellhaut zum Theil verwechselt und als Ptychode bezeichnet. Bei Algen wurde sie von Kützing als Amylidzelle, von Karsten im Allgemeinen als secundäre Zelle benannt. Später sonderte H. v. Mohl die Sache besser und gab diesem allen jungen Pflanzenzellen zukommenden Häutchen den Namen Primordialschlauch. In der unverletzten oder unveränderten Zelle ist man nicht im Stande, sich vom Vorhandensein dieser Zellhaut zu überzeugen, weil sie äusserst dünn und dabei innig mit der innersten Schichte der secundären oder tertiären Zellmembran verbunden ist. Wendet man aber Alkohol oder irgend eine verdünnte Mineralsäure an, so löst sich dieses Häutchen von der aussen liegenden Zellmembran ab, zieht sich dabei etwas zusammen und stellt so einen vollkommen geschlossenen Schlauch dar, der den Inhalt der Zelle unmittelbar umschliesst. Man hat neuestens dieses Häutchen als ein Resultat der chemischen Einwirkung der genannten Substanzen auf eine mehr oder minder dichte Schleimschichte angesehen, welche die Innenwand der Zelle bekleiden sollte. Es wäre nichts gegen diese Anschauungsweise zu sagen, wenn diese Hautschichte,

Fig. 14. Zelle aus dem Fruchtfleisch von *Prunus armeniaca*, mit dem durch Einwirkung des Wassers von der Wand getrennten und zusammengezogenen Primordialschlauch. Vergr. $^{110}/_{1}$.

wie man sie nennt, nicht dennoch in vielen Fällen als eine wirklich zusammenhängende, feste, elastische Membran auch ohne jene Einwirkungen erschiene.

H. v. Mohl, Einige Bemerkungen über den Bau der vegetabilischen Zelle. Botan. Zeitung. 1844, p. 273.

F. T. Kützing, Phycologia generalis. p. 38.

Idem, Ueber drei verschiedene Systeme des Tanggewebes. Linnaea, 1841, p. 546.

H. Karsten, De cella vitali. Berolini.

N. Pringsheim, Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. 1854. I.

§. 30. Der Primordialschlauch ist in allen jenen Fällen, wo die Zelle als unfertig aller ihrer übrigen Häute beraubt erscheint, noch von besonderer Organisation. Es treten an ihrer Oberfläche dann eigenthümliche Haare oder wimperartige Fortsätze auf, welche durch eine bestimmte Zeit schwingende Bewegungen hervorbringen, dann aber ohne abgeworfen zu werden sich in die weiche halbflüssige Membran zurückziehen und verschwinden. Solche Zellen ohne eigentliche Zellhaut sind die Fortpflanzungszellen vor Vollendung ihrer Function. Bei Algen nannte man sie ihrer Bewegung wegen Schwärmzellen, bei höheren Pflanzen (Moosen, Lebermoosen, Farn etc.) sind es die sogenannten Samenfäden.

In der Regel sind die mit Flimmerfäden versehenen Zellen ohne Cellulosehaut, in einigen Fällen jedoch, z. B. bei Gonium pectorale und Chlamidomonas pulvisculus durchbrechen dieselben die eigentliche Zellhaut, selbst ihre Hüllschichte (Schleimhülle).

Die Organisation dieser merkwürdigen Zellhaut ist sowohl in den Schwärmzellen als in den Samenfäden von nicht geringer Man-

nigfaltigkeit, und wie es scheint genau den Bedürfnissen der Pflanze angepasst. Bei den ersteren ist einmal die ganze Oberfläche in die feinsten Cilien wie ein Sammttuch ausgesponnen (Vaucheria Ungeri Thur.) (*Fig. 15 a*) oder sie sind länger und bilden einen Kranz an dem Vorderende der elliptischen Zelle (Prolifera rivularis, P. Candolii Leon Leclerc, Oedogonium vesicatum Lk.) (*Fig. 15*, *b*) oder es sind nur 3—4 Cilien (Chaetophora elegans, Bryopsis hypnoides Lam., Ulotrix rorida und muscosa Thur. Stigeoclonium protensum Kütz. Phycoseris gigantea Kütz. Ulva bullosa Roth) (*Fig. 15, c*) und in den bei weitem häufigsten Fällen nur 2 Cilien vorhanden, die entweder vornehin rüssel- oder fühlerartig abstehen, oder sowohl nach vorne als nach hinten wie Ruderwerkzeuge hervorragen (*Fig. 15, d, e*). In den seltensten Fällen ist nur ein einziger Flimmerfaden vorhanden (Chytridium globosum Alx Braun).

Fig. 15.



Etwas anderes lässt sich bei den Samenfäden oder Schwärmfäden (Spermatozoidia) wahrnehmen, die ohne Zweifel gleichfalls Zellen mit einer dichteren dem Primordialschlauche ähnlichen Wandung darstellen, deren Vorderende in einen langen, dünnen

Fig. 15. *a* Reife Spore von *Vaucheria Ungeri* Thur. im Aufhören der Fortbewegung. Vergr. $^{110}/_1$. Man sieht dann an der durchsichtigen granulösen Haut die oscillirenden Bewegungen der Flimmerfäden.
b Spore von *Oedogonium vesicatum* Lk., mit einem Kranz zahlreicher Cilien am Vorderrande.
c Spore von *Chaetophora elegans* Agdt. mit 4 Flimmerfäden.
d Spore von *Codium tomentosum* Starkh mit 2 Flimmerfäden; ferner
e Spore von *Cutleria multifida* Grev. mit 2, nach verschiedenen Richtungen laufenden Cilien. Alle 4 in einer Vergrösserung von $^{330}/_1$. (Nach Thuret.)

Fig. 16.
b



a c

oder verbreiterten, spiralförmig gewundenen Stiel verlängert ist. Die Wimpern, womit sie sich bewegen, sind kurz und in grösserer Anzahl auf den Vordertheil beschränkt (*Fig. 16 b, c*), oder es sind zwei lange fadenförmige Fortsätze an der Spitze daselbst, die wie eine Geisel bewegt werden (*Fig. 16 a*). Ohne Zweifel werden auch die Bewegungen der Diatomeen durch Cilien, die sie durch Löcher und Spalten der starren Haut (Kieselpanzer) hervorzustrecken vermögen, bewerkstelligt. Bei Surirella Gemma hat man diese Cilien gesehen.

F. Unger, Die Pflanze im Momente der Thierwerdung. 8. 1843. (Entdeckung der Cilien an den Schwärmsporen.)

G. Thuret, Recherches sur les organes locomoteurs et les spores des algues. Ann. d. scienc. nat. XIX. 1843. p. 266.

Decaisne et Thuret, Recherches sur les anthérides et les spores de quelques fucus. Ann. d. scienc. nat. 1845.

C. de Siebold, De finibus inter regnum animale et vegetabile constituendis. Dissertatio. Erlangae, 1844.

F. T. Kützing, Ueber die Verwandlung der Infusorien in niedere Algenformen. 4. 1844.

G. Thuret, Recherches sur les Zoospores des algues et les anthérides des cryptogames. Ann. d. scienc. nat. 3 Sér. XIV., XVI. 1851.

F. T. Kützing, Die kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen. 4. 1844

W. Hofmeister, Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen etc. Leipzig, 1851.

Idem, Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. Abhandlungen d. k. sächs. Ges. d. Wissenschaften. 1852.

C. Nägeli, Systematische Uebersicht der Erscheinungen im Pflanzenreiche p. 50. 1853. 4.

F. Cohn, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. Nova Acta A. N. C. Vol. XXIV. 1854.

Fig. 16. Samenfäden *a* von *Chara fragilis* Desv.
b von *Equisetum limosum* L. Vergr. $^{400}/_{1}$. (Nach Thuret.)
c von *Asplenium septentrionale*. Vergr. $^{1200}/_{1}$. (Nach W. Hofmeister.)

§. 31. Ungeachtet die verschiedenen Schichten der Zellhaut in ihren physikalischen Eigenschaften sich verschieden verhalten, kommen sie doch in mehreren wesentlichen Punkten überein, und diese sind es, welche der Pflanzenmembran als Ganzes einen bestimmten Charakter geben. Da übrigens die primäre und secundäre Zellhaut gegen die übrigen Häute mit wenigen Ausnahmen als vorwiegend durch das ganze Pflanzenreich erscheinen, so gelten diese Eigenschaften vorzugsweise von den beiden genannten Schichten.

Noch sind die physikalischen Eigenschaften der einzelnen Schichten der Pflanzenzellhaut keineswegs ein Gegenstand sorgfältiger Untersuchung gewesen, so viel wissen wir jedoch, dass die Eigenthümlichkeit mancher Gewebe nur das Resultat der Ausbildung gewisser Schichten ihrer Zellmembranen sein kann. Die Zukunft wird diesem Mangel sicherlich ehestens abhelfen.

§. 32. Die Zellhaut der Pflanzen ist in der Regel fest und starr, seltener festweich und deutlich elastisch und nur bei wenigen Pflanzen und im jugendlichen Zustande derselben weich. Sie ist für das Wasser wegsam und quillt in demselben in höherem oder geringerem Grade auf, ohne von demselben aufgelöst zu werden. Die Zellmembran ist farblos und durchsichtig, jedoch nicht selten auch die Trägerin von Farbestoffen, und erscheint dadurch mannigfaltig gefärbt. Durch Aufnahme von Kieselsäure u. s. w. erreicht sie zuweilen eine knochenartige Festigkeit.

Die Zellmembran hat bei verschiedenen Pflanzen und im verschiedenen Alter ihrer Bildung einen ungleichen Grad von Härte und Starrheit. Die Membran der meisten Algen, Pilze, Flechten,

jene von zarten Pflanzentheilen wie von Blättern, Früchten u. s. w. sind weich, die Zellhaut der Hölzer, einiger Stammtheile von Palmen, Baumfarn u. s. w., so wie des Putamens der Steinfrüchte sind sehr fest, oft so, dass sie sich mit dem Messer nicht schneiden lassen. Die Kieselhaut der Diatomaceen ist überdiess noch ausserordentlich spröde. Vom Wasser durchdrungen quillt sie bald mehr bald weniger auf und nimmt einen grösseren Raum ein, doch ist diese Vergrösserung in verschiedenen Richtungen oft sehr verschieden. Cylindrische und spindelförmige, dickwandige, trockene Zellen nehmen durch Befeuchtung mehr in der Breite als in der Länge zu, daher schwillt das durchnässte Holz oder der Bast mehr in die Breite als in die Länge an. Man hat gefunden, dass die Länge solcher lufttrockner Zellen bei Befeuchtung um 0,072 bis 0,4 Procent, in die Breite auf 4 bis 9 Procent zunimmt.

Für manche technische Zwecke ist diese Eigenschaft der Zellmembran von grosser Wichtigkeit. Ein benetzter Strick zieht sich zusammen und wird kürzer, ein befeuchteter Holzkeil dehnt sich aus, ersteres, indem auch Haarröhrchenwirkung damit im Spiele ist.

Von den Farbestoffen, welche die Zellmembran färben, sind gelbe, rothe, braune, violette u. s. w. die gewöhnlichen. In der Hüllmembran vieler einzelliger Algen erscheint sie schon in frühester Jugend (Gloeocapsa opaca Näg.), in den Holzzellen der baumartigen Gewächse erst in späterer Zeit (beim Ebenholz und bei den Baumfarn braunschwarz, beim Taxus- und Campecheholz roth, bei Maclura tinctoria gelb u. s. w.).

§. 33. Mit den physikalischen Eigenschaften der Farbe, Härte, Elasticität und des Imbibitionsvermögens geht die chemische Zusammensetzung der Zellmembran Hand in Hand. Derselben kommt im jugendlichen Zustande wie im Alter, in den einfachsten Pflanzen wie in den ausgebildetsten ein Grundstoff — die Cellulose — zu, und die mannigfaltigen Stoffverhältnisse, welche die-

selbe in dieser Rücksicht sowohl als in ihren einzelnen Theilen zeigt, sind höchst wahrscheinlich nicht durch seine chemische Umwandlung, sondern durch die Aufnahme fremder Körper in diese Grundmasse bedingt.

Der Zellstoff (Membranstoff, Cellulose) ist zuerst von Payen als ein allgemeiner Grundstoff der vegetabilischen Zellmembran nachgewiesen worden. Durch seine Zusammensetzung ($C^{12}H^{10}O^{10}$) ist er dem Amylum, Inulin und dem Dextrin isomer *). Er ist farbelos, elastisch zähe, dehnt sich in der Feuchtigkeit aus und zieht sich in der Trockenheit zusammen, ist weder im Wasser noch in Alkohol, Aether und in verdünnten Säuren löslich. Verdünnte Alkalien wirken kaum lösend, dagegen wird er von concentrirter Schwefelsäure vollkommen aufgelöst. Von Jod durchdrungen nimmt er feucht eine blaue Färbung an, die bei gleichzeitiger Einwirkung von Schwefelsäure um so leichter erfolgt.

Die Zellmembran jugendlicher Zellen und zuweilen noch jener in einer späteren Altersperiode ist fast ausschliesslich aus Cellulose gebildet, welche später nicht etwa verschwindet, sondern in der Regel durch andere Substanzen infiltrirt wird. Die Art und das Mass dieser Infiltration bedingt die verschiedenen physischen und chemischen Eigenschaften, welche die Zellmembran bei verschiedenen Pflanzen in verschiedenen Altersperioden und in ihren verschiedenen Theilen annimmt. Am verschiedensten verhalten sich diessfalls dünne, zarte, stark verdickte, deutlich geschichtete oder ungeschichtete feste und galatinöse Pflanzenmembranen.

Als Infiltrationssubstanzen, welche der Cellulosemembran eine von der ursprünglichen abweichende Beschaffenheit ertheilen, sind 1) Stickstoffverbindungen, namentlich Proteïnsubstanzen, 2) incrustirende Substanzen, 3) alkalinische und erdige Verbindungen zu nennen.

*) Fromberg und Baumhauer fanden seine Formel ($C^{24}H^{21}O^{21}$) und daher dem löslichen Inulin isomer.

Die stickstoffhaltigen Verbindungen, obgleich allgemein verbreitet, finden sich in den Membranen junger in der Entwicklung begriffener Zellen noch nicht vor, denn diese werden durch Jod, welches nur stickstoffhältige vegetabilische Substanzen gelb färbt, nicht gelb gefärbt. Später ist diess jedoch allenthalben der Fall, und man bemerkt aus der grünen, gelben und braunen Färbung auf Jod, wie neben der ursprünglichen Cellulose Proteïnsubstanzen in grösserer oder geringerer Menge in der Zellhaut auftreten. Durchgehends sehr stark wird die primäre Zellhaut und die an dieselbe angrenzende nächste Schichte der secundären Membran davon infiltrirt, weniger die übrigen secundären Schichten und die tertiäre Membran. Im Ganzen genommen sind die äusseren partiellen Verdickungsschichten der Oberhautzellen am reichhaltigsten an Stickstoffverbindungen. In den Holzzellen (freilich sammt ihrem Inhalte) hat Chevandier 0,67 bis 1,52 Procent Stickstoff nachgewiesen.

Die zweite Reihe der Infiltrationssubstanzen bilden die sogenannten incrustirenden Substanzen (matières incrustantes), durchaus indifferente Kohlenhydrate von gleicher oder ähnlicher Zusammensetzung wie die Cellulose. Payen hat für letztere die Formel $C^{17\frac{1}{2}}H^{12}O^{10}$, Mulder*) die Formel $C^{40}H^{23}O^{18}$ berechnet. Sie sind es, welche der Zellhaut vorzugsweise eine dunklere Färbung und eine grössere Härte ertheilen, und dieselbe nicht selten sogar für die concentrirte Schwefelsäure unangreifbar machen. (Primäre Membran der Holzzellen, braune Membran dickwandiger Palmen- und Farnzellen.) In dickwandigen festen Holzzellen unterschied Payen unter dem Namen Lignose, Lignone, Lignin und Lignirose mehrere dergleichen an Kohlenstoff und Wasserstoff reichere Einlagerungssubstanzen. Ausserdem sind hieher noch zu zählen die mannigfaltigen bis jetzt noch mangelhaft untersuchten Farbestoffe.

*) C.	H.	O.	
64	44	39	Formel für Holz nach Baumhauer und Fromberg.
24	21	21	Formel für Cellulose » » »
40	23	18	Incrustirender Stoff.

Was es mit dem Holzstoff (Xylogen) und dem Cuticularstoff oder der Korksubstanz für Bewandtniss hat, werden künftige Untersuchungen ins Reine bringen.

Zu den mit der Cellulose isomeren Infiltrationssubstanzen gehört noch die Pectose (Pflanzengallerte). Durch Behandlung der Pflanzentheile mit Salpetersäure, Aetzkali, Ammoniak, Alkohol, Aether u. s. w. kann man alle diese fremden Einlagerungen aus der Cellu'osemembran wegbringen und dieselbe dadurch rein darstellen. Die blaue Farbe auf Einwirkung von Jod (und Schwefelsäure) tritt dann auch dort hervor, wo sie früher nicht zu bemerken war. Die im Wasser zum Theile auflöslichen durch Jod blau werdenden Zellhäute der Lichenen (Cetraria islandica in allen Theilen), die gallertartigen Häute der Fucaceen u. s. w., so wie die jungen primären Zellmembranen, welche in der Regel nur auf Einwirkung mit Schwefelsäure durch Jod blau gefärbt werden, scheinen weniger in der Veränderung des Aggregats-Zustandes der Cellulose als in der Verbindung derselben mit anderen Substanzen, ihre von der Cellulosemembran abweichenden Eigenschaften zu erhalten.

Ausser den organischen Substanzen finden sich auch noch unorganische Verbindungen in jeder Zellwand, so dass vielleicht nur wenige Pflanzen von dieser ganz und gar frei sind (nach Mulder einige Schimmelarten). Die in Rede stehenden Verbindungen sind Salze mit Alkalien, Erden und Metalloxyden, worunter Kalk und Kieselerde die vorherrschendsten sind. Ihre Einlagerung sowohl in dicken als dünnen Häuten machen diese vorzugsweise hart, häufig brüchig und gegen die Einwirkung von Wasser fast undurchdringlich. Hieher gehören die steinharten Fruchthüllen und Samenhäute, z. B. die Testa der Samen von Canna, das Pericarpium von Lithospermum, die Oberhaut der Gräser und Schachtelhalme, die Panzerhaut der Diatomeen u. s. w. In jüngeren Elementarorganen walten die Alkalien, in älteren die Erden und Metalloxyde vor. Durch Verbrennen der Pflanzentheile bleibt stets ein mehr oder minder zusammenhängendes Skelett der Zellhaut aus diesen Substanzen zurück.

Sollten mehrere von Ehrenberg beschriebene Phytolitharia, namentlich die als Lithostylidium bezeichneten, ferner die Spongiliten und noch andere, nicht als unverwesliche Skelette von Pflanzentheilen zu betrachten sein?

Payen, Mémoires sur les développements des végétaux. 1844.
G. J. Mulder, Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. Aus dem Holländischen von H. Kolbe. 1844. 8.
H. v. Mohl, Einige Beobachtungen über die blaue Färbung der vegetabilischen Zellmembranen durch Jod. Flora, 1840. Verm. Schriften p. 335.
Idem, Untersuchung der Frage: Bildet die Cellulose die Grundlage sämmtlicher vegetabilischer Membranen? Botan. Zeitung 1847, p. 497.

§. 34. Von anderer Zusammensetzung als die primäre, secundäre und tertiäre Zellhaut ist der Primordialschlauch und die Hüllmembran. Während die erstere vorherrschend aus Proteïnsubstanzen gebildet ist, scheinen sie der letzteren in der Regel ganz zu fehlen oder nur auf wenige Fälle beschränkt zu sein.

Eine von dem Bau und der Beschaffenheit der eigentlichen vegetabilischen Zellhaut ganz verschiedene Zusammensetzung zeigen die an der Begrenzung der Zelle theilnehmenden Häute. Was die zarte, zuweilen kaum fest zu nennende innerste Schichte, nämlich den Primordialschlauch betrifft, so erweiset er sich auf Reagentien ganz wie stickstoffhältige Substanzen. Besteht er ganz allein aus denselben, oder sind diese in eine andere Grundlage (Cellulose?) in überwiegender Menge aufgenommen, diess ist bisher noch unermittelt. Ganz anders dagegen verhält sich die äusserste Zellschichte bei niederen Algen. Dieselbe, vorzugsweise aus Gallerte gebildet, ist zwar durch die zuweilen blutrothe, violette, kupferrothe, braune und gelbe Färbung sichtlich Träger von mannigfaltigen Farbesubstanzen, es scheinen ihr jedoch stickstoffhältige Körper gänzlich zu fehlen. Davon wenig verschieden verhält sich die äussere Membran der Pollenzellen, wenn dieselbe als Hüllmembran anzusehen ist. Sie kömmt jener Gallerthaut in ihrer chemischen Zusammen-

setzung jedenfalls näher als jeder andern Membran. Schleiden erkennt in der äusseren Pollenhaut eine eigenthümliche Absonderungsschichte, die häufig mit leistenartigen Vorsprüngen, Stacheln, Warzen u. s. w. versehen ist *(Fig. 6 c)*. Ihre Substanz ist gewöhnlich gelblich, seltener grünlich, bläulich oder röthlich, und wird durch concentrirte Schwefelsäure nur sehr langsam (nach 1 bis 2 Tagen) zerstört und häufig durch deren Einwirkung burgunderroth gefärbt. Grundz. II. p. 296.

§. 35. Die junge erst entstandene Zelle ist von der ausgebildeten und alternden Zelle sowohl der Form als der Beschaffenheit nach verschieden. Kann diese Verschiedenheit auch nur aus dem Gange des gesammten Zelllebens ihre Erklärung finden, so ist sie doch zunächst in den Veränderungen der Zellmembran zu suchen. Mit dem Wachsthume der Zelle ändert sich sowohl die Form als die Beschaffenheit der Zellmembran.

Alle Zellen gehen von einem stets viel kleineren, meist kugeligen, sehr dünnwandigen Bläschen oder Zellchen aus.

Es ist gewöhnlich sehr schwer, ja oft unmöglich, eine und dieselbe Zelle in ihren verschiedenen Entwicklungszuständen zu verfolgen. Unsere Erfahrungen über diesen Punct beruhen grösstentheils auf Vergleichung jugendlicher Zustände von Zellen mit späteren Altersperioden ähnlicher Zellen. Die Unterschiede betreffen 1. die Grösse, 2. die Form der Zellen und 3. die Beschaffenheit ihrer Zellwand.

§. 36. Die ursprüngliche Grösse der Zellen hängt von der Grösse des Mutterorganes oder der Geburtsstätte und von der Form ihrer Bildung ab. Im Allgemeinen gehören alle entstehenden Zellen zu den sehr kleinen, viele zu den kleinsten bisher beobachteten Zellen.

Fig. 17.



Wo es uns bisher möglich war, die Entstehung der Zellen zu verfolgen, haben sie sich durchgehends als unendlich klein und kaum messbar dargestellt. Da alle Zellen in andern Zellen gebildet werden, und diess zuweilen in einer grossen Anzahl stattfindet, so ist erklärlich, dass, wenn die Mutterzelle nicht die grössten Dimensionen zeigt, die Tochterzellen immer um ein Mehrfaches kleiner sein müssen. Beispielsweise führe ich hier die Grösse der Mutterzelle von Achlya prolifera gegen die Tochterzellen an, deren Rauminhalt sich wie 300:1 verhalten. Die beigefügte Zeichnung mag diess versinnlichen.

§. 37. Die meisten Zellen nehmen im Verfolg ihres Wachsthumes um das Tausendfache ihres Volumens zu; bei vielen Zellen, namentlich bei den langgestreckten, steigt diess wohl aufs Zehntausendfache und darüber; bei manchen Zellen bleibt die Zunahme auf das vierfache beschränkt.

Bisher sind Messungen zu diesem Zwecke noch nicht angestellt worden. Die obigen Angaben gründen sich auf einige Beispiele, die bei andern Untersuchungen mitunter liefen. Am leichtesten und genauesten lässt sich die Zunahme bei einzelligen Pflanzen bestimmen. Achlya prolifera hat in ihrer ersten Jugend kugelrunde Zellen (Sporidien) von $^1/_{1580}$ Zoll Durchmesser und entwickelt daraus einen cylinderförmig verzweigten Schlauch von 2 Zoll Gesammtlänge und $^1/_{1100}$ Zoll Breite. Für die meisten Pflanzenzellen, welche im Verein mit andern den Pflanzenkörper ausmachen, kann man eine Zunahme des Körperinhalts um das 1000fache annehmen, da hiebei der Durchmesser bei kugelförmigen Formen nur um das 10fache zuzunehmen braucht, was in der Regel der Fall ist. Am

Fig. 17. Fructificirende Spitze eines Zellschlauches von *Achlya prolifera* mit den aus der Mutterzelle heraustretenden Schwärmporen.

geringsten dürfte ohne Zweifel das Wachsthum der Holz- und Bastzellen sein, wo dasselbe vielleicht durchgehends auf das 4fache beschränkt zu sein scheint.

§. 38. Die auffallendsten Wachsthumsveränderungen betreffen die Form der Zellen. Alle Verschiedenheit der Form ist das Resultat ungleichförmigen Wachsthumes, und dieses wieder die Folge ungleicher Ernährung der Zellwand. Da die Ernährung jedoch eben so von inneren als von äusseren Ursachen abhängig ist, so ist zuletzt die Form der Elementarorgane einerseits durch die Lage und Verbindung mit andern ähnlichen Körpern, anderseits durch den Bildungstrieb der Zelle selbst bedingt.

Es ist mehr als wahrscheinlich, dass der bei weitem grössere Theil der verschiedenen Zellenformen aus einer Grundform (der Kugel) hervorgeht, und erst in Folge der Entwicklung immer mehr und mehr von dieser abweicht. Bei Zellen, die in Verbindung mit andern stehen, mag allerdings die Richtung des Saftstromes und dessen Hemmnisse auf die mehr einseitige Entwicklung Einfluss nehmen und vorzugsweise die Entstehung von langgestreckten und breitgedrückten Zellen, als die Endpole der Formen, bedingen. Bei den freien Zellen einzelliger Pflanzen, die nicht selten eine eben so grosse Mannigfaltigkeit der Form zeigen, kann dieselbe schwerlich weniger von den äusseren Agentien (Wasser, Luft, Licht u. s. w.) abhängen, als vielmehr in dem jeder Zelle eingebornen Bildungstriebe zu suchen sein. Es wäre sonst nicht erklärlich, wie zwei in Form und Grösse u. s. w. gleiche Zellen neben einander liegend und denselben äusseren Einflüssen ausgesetzt, sich zuletzt doch zu ganz verschiedenen Formen ausbilden.

J. Schleiden hat zuerst die Verschiedenheit der äusseren Zellform auf die ungleiche Ernährung der einzelnen Theile der Zellwand zurückgeführt. Das ist ganz richtig, allein dieser Grund ist nur der nähere, der entfernte ist sicher in den Bedingungen der

ungleichen Saftvertheilung und in einer Ursache zu suchen, die nicht in äusseren Einflüssen, sondern im Wesen der Zelle selbst liegt.

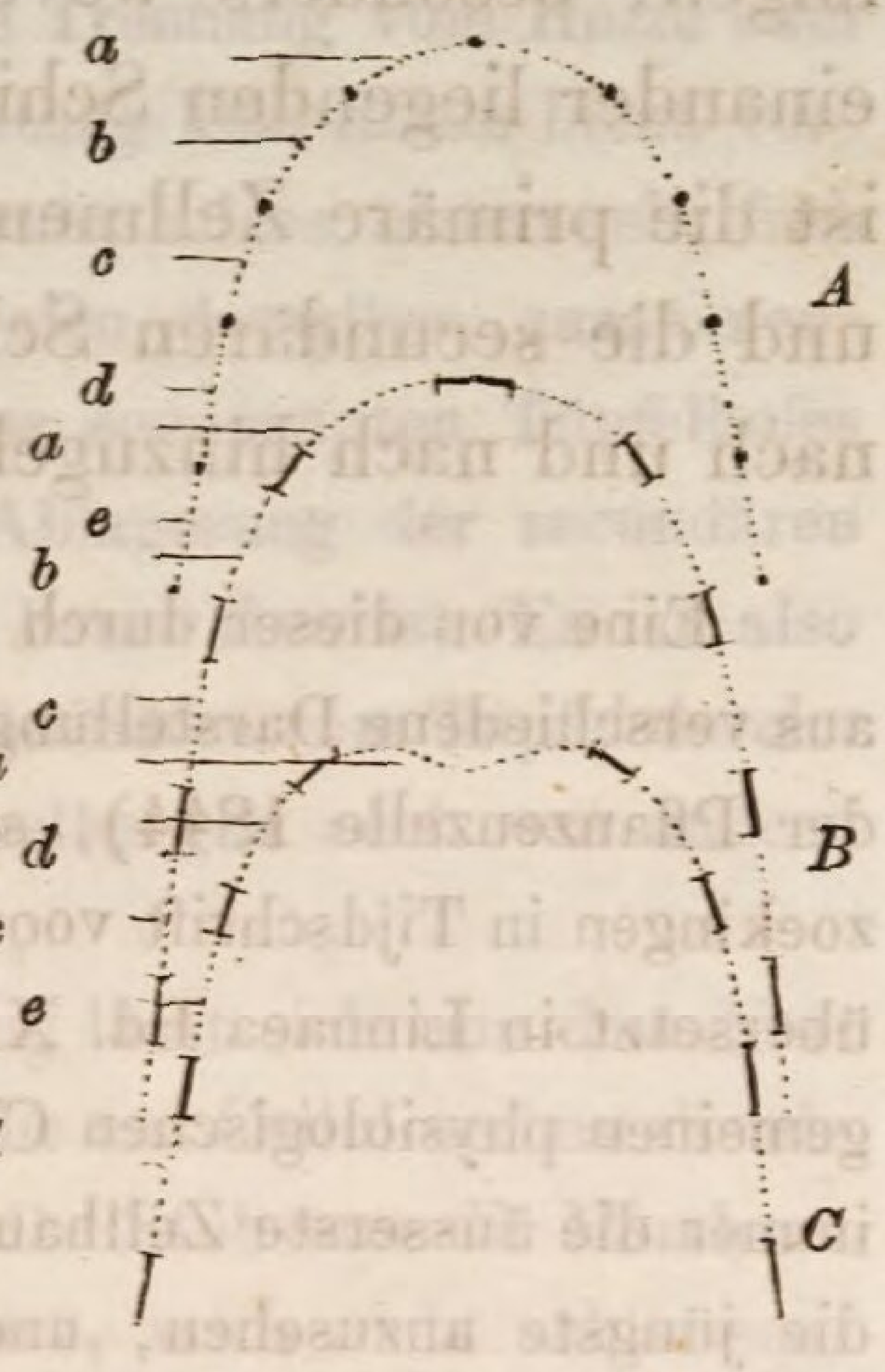
§. 39. Im Wachsthume der Zelle ist nicht blos die Ausdehnung der Zellmembran, sondern auch ihre Verdickung und die Bildung der sie zusammensetzenden einzelnen Schichten zu betrachten. Es ergibt sich hieraus die Unterscheidung zwischen zwei ihrer Natur nach ganz verschiedenen Vorgängen, von denen der eine in der allseitigen Aufnahme ähnlicher kleiner Körpertheile (Intussusception), der andere in einseitiger Anlagerung derselben (Apposition) besteht. Durch die erstere wird vorzüglich die Ausdehnung, durch letztere die Verdickung der Zellmembran herbeigeführt.

Beide Vorgänge des Wachsthums, nämlich die Einschiebung neuer gleichartiger Moleküle zwischen den bereits vorhandenen und die Anlagerung ähnlicher Theilchen an bereits vorhandene und nicht von ihrer Stelle weichende greifen bei jeder Wachsthumsvergrösserung vielfältig in einander ein, so dass man zwar ihre Vorgänge als verschiedene Arten der Vergrösserung unterscheiden, ihre Wirksamkeit jedoch nicht immer als zeitlich einander ausschliessend annehmen muss.

§. 40. Selbst in dem Vorgange des Intussusception lässt sich noch ein doppelter Unterschied wahrnehmen. Die neuen zwischen andern sich einschiebenden Moleküle treten stets nur zwischen die jüngsten Theilchen ein und es entsteht daraus ein Punctum vegetationis, oder sie treten zwischen mehreren bereits gebildeten Theilchen ein und schieben sie dann auseinander. Durch die erste Form wird eine wahrhafte Neubildung, durch

letztere nur eine Ausdehnung bereits gebildeter Membranstücke bewerkstelligt.

Fig. 18.



Es ist sehr schwer, in dem Wachsthume der Zellen beide diese Vorgänge, wodurch eine Erweiterung derselben stattfindet, unterscheiden zu können. Bisher war diess nur bei dem Wachsthume des grossen Zellschlauches der Caulerpa möglich, der durch seine querüber laufenden Faserstränge einzelne Puncte genau markirt. Nägeli erkannte daraus, dass die Spitze des Zellschlauches nicht etwa so in die Länge fortwachse, indem sich nur zwischen den Endtheilchen *Fig. 18 A, B aa* neue Theilchen einschieben (Neubildung), sondern dass zugleich mehr oder minder reichliche Einschiebung von dergleichen Theilchen unter der Spitze des Schlauches Statt findet, wodurch die Theilchen *a*, *b*, *c*, *d* immer weiter von einander rücken (Ausdehnung). Man kann jedoch nicht sehen, wo die Neubildung der Membran aufhört und wo die Ausdehnung beginnt. Letztere findet im Caulerpa-Schlauche allerdings ihre Grenze; nicht so, wenigstens im Haupttheile desselben (Stamm) die Neubildung. Ist die Ausdehnung stärker als die Neubildung, so entsteht an der Spitze ein Eindruck *C*. Alles dieses lässt sich auf das Wachsthum anderer Zellen unbedingt übertragen.

C. Nägeli, Ueber das Wachsthum von Caulerpa. Zeitschrift f. wissensch. Botanik. I. p. 134—165.

L. Diepel, Ueber das Wachsthum der Zellmembran. Botan. Zeitung. 1851. Stck. 23.

Fig. 18. Schematische Darstellung des Wachsthumes der Spitze eines Caulerpa-Schlauches. *A* ursprünglich. *B*, *C* in Folge der Einschiebung neuer Moleküle verändert.

§. 41. Leichter als die Ausdehnung ist das Dickwachsthum der Zellmembran Schritt für Schritt zu verfolgen, besonders wo sich dieselbe in deutlichen über einander liegenden Schichten zu erkennen gibt. Hierbei ist die primäre Zellmembran stets das zuerst gebildete, und die secundären Schichten von aussen nach innen nach und nach hinzugekommen.

Eine von dieser durch v. Mohl begründeten Ansicht durchaus verschiedene Darstellung geben die Herren Hartig (das Leben der Pflanzenzelle 1844), so wie Harting (Mikrochem. Onderzoekingen in Tijdschrift voor naturlijke geschiedenis Tom. XI. und übersetzt in Linnaea Bd. XIX.) und Mulder (Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie 1845). Nach diesen wäre nicht immer die äusserste Zellhaut als die älteste, sondern vielmehr als die jüngste anzusehen, und das schichtenweise Anwachsen der Zellmembran schreite namentlich in den Holzzellen nicht von aussen nach innen, sondern umgekehrt von innen nach aussen vor.

Gegen diese Ansicht sprechen jedoch sowohl anatomische als chemische Gründe, welche insbesonders von H. v. Mohl vortrefflich in der botanischen Zeitung 1846, St. 20—23, entwickelt wurden.

Anatomischer Seits steht durch die Beobachtung fest, dass man zuerst nur Zellen mit einfacher gleichartiger Haut, und erst später eine oder mehrere verschiedentlich durchbrochene Schichten auf der Innenseite derselben wahrnimmt. Es konnten sich also diese unmöglich vor jener entwickelt haben. Aber auch die einzelnen, die ursprüngliche Zellmembran verdickenden Schichten können sich nicht anders als von aussen nach innen allmälig abgelagert haben, weil sowohl die Vereinigung der Tüpfelcanäle nach innen, als die bei partieller Verdickung in jüngeren Zellen an die primäre Membran anliegenden schmalen, in älteren nebst diesen auch noch breiteren bogenförmigen Schichten eine andere Art der Ablagerung als die von aussen nach innen fortschreitende unmöglich macht.

Bei der Verwandlung der Cambiumzellen in Holzzellen ist eben so wenig die Ablagerung der Verdickungsschichten ausserhalb der primären Zellmembran möglich, weil bei genauer gegenseitiger Berührung derselben ohne ihre Trennung vom Holze oder ohne ihre Ausdehnung in radialer Richtung kein Raum hiezu vorhanden ist. Bei den Holzzellen des Tannenholzes treten sehr früh in der Cambiumschichte die von zweien derselben zusammenstossenden Membranen zur Bildung des sogenannten Tüpfelhofes auseinander, ohne dass noch durch Ablagerung der secundären Schichten irgend eine Spur von Tüpfel bemerkbar ist. Es ist also jedenfalls die äussere die primäre und die innere vom Tüpfel durchbrochene die secundäre Membran, dasselbe gilt auch von andern Holzzellen u. s. w.

Aber auch in chemischer Beziehung lässt sich aus dem Umstande, dass in der erwachsenen Zelle die aus Cellulose bestehende Schichte die innerste ist, während dieselbe Stubstanz die Membran der jugendlichen Zelle ganz allein bildet, noch nicht schliessen, dass beide dieselben und alle andern Schichten, welche sich im Verlauf des Wachsthums gebildet haben, späterer Entstehung seien, indem keineswegs aus dem blos chemischen Verhalten hervorgeht, dass sich nicht die Beschaffenheit einer und derselben Membran nach und nach gänzlich ändern könne. Nur mit Ausserachtlassung dieses Umstandes konnte man die ausserhalb der reinen Celluloseschichte befindlichen Schichten für später entstanden und folglich für von dieser nach aussen abgesetzt erachten. Das der Zeit nach später Gebildete ist darum noch keineswegs auch das räumlich neu Hinzugekommene. Es kann daher die chemische Reaction kein sicheres Mittel zur Erkennung bestimmter Schichten der Zellmembran abgeben.

§. 42. Erst nachdem die Zelle eine bestimmte Ausdehnung durch Intussusception erreicht hat, geht die Ablagerung neuer Zellsubstanz (Apposition) im Innern derselben vor sich; letztere schliesst aber die erstere in

der Folge nicht aus, so dass Ausdehnung und Zunahme in die Dicke gleichzeitig die Ausbildung der Zellhaut vollenden.

Sowohl die primäre Zellmembran als die secundären Verdickungsschichten haben mit ihrer Bildung keineswegs noch ihr volles Wachsthum erreicht. Auch während der Ablagerung der secundären Schichten dehnt sich die primäre Zellhaut durch Einschiebung neuer Moleküle zwischen den bereits vorhandenen aus, und dasselbe erfolgt auch bis zu einem bestimmten Masse mit den einzelnen secundären Schichten, so dass also bei der Ausbildung der Zellmembran an kein passives Verharren der abgelagerten Theile in ihrem ursprünglichen Zustande zu denken ist. Hierüber geben vergleichende Mikrometermessungen den untrüglichsten Aufschluss.

In dieser Veränderlichkeit, welche in Bezug auf Ausdehnung und Erweiterung der verschiedenen Schichten der Zellhaut allmälig vor sich gehen, finden mancherlei Formveränderungen, die wir während dem Wachsen der Zelle in ihrer Membran wahrnehmen, ihre Erklärung. Die während des Wachsthumes der Zelle gebildeten Theile der Zellwand bleiben aber auch in ihrer chemischen Beschaffenheit nicht dieselben, sondern verändern sich fortwährend ihrer Qualität nach. Diess findet sowohl an der primären Zellhaut als in den secundären Verdichtungsschichten statt. Die Folge davon ist oft eine gänzliche Verschiedenheit einer und derselben Membran in der ersten Jugend und im späteren Alter.

Die anfänglich nur aus Cellulose bestehende primäre Zellmembran verwandelt sich häufig (bei den meisten Holzzellen u. s. w.) in eine in concentrirter Schwefelsäure unlösliche Substanz, eben so werden die secundären Zellschichten, die anfänglich ebenfalls mit Schwefelsäure und Jod blau gefärbt werden, nach und nach in eine Substanz übergeführt, die bei Einwirkung jener Stoffe statt blau, braun wird. Mulder und Harting, welche diesen Vorgang der Lebensthätigkeit übersahen und eine mehr gleichbleibende Beschaffenheit der Zellmembran annahmen, wurden eben desshalb

zur irrthümlichen Ansicht einer von der primären Zellmembran nach aussen erfolgenden Ablagerung secundärer Schichten geleitet.

§. 43. In Spiralfaserzellen ist die erste Anlage der Spiralfaserschichte der spätern Ausbildung vollkommen gleich. Sie ist daher weder eine gleichartige noch aus enge aneinander liegenden Spiralfasern gebildete Membran, die erst in Folge des Wachsthums in einzelne nach und nach immer weiter aus einander tretende Spiralfasern zerfällt.

Die Ursache der verschiedenen Ablagerung der secundären Zellmembran ist bis jetzt noch nicht bekannt. Dass dieselbe ursprünglich aus enge an einander liegenden Spiralfäden bestünde, die erst bei erfolgter Vergrösserung der Zelle durch theilweise Verwachsung unter sich und mit der primären Zellmembran sich zu netz-, spalten- und tüpfelförmigen Maschen verbänden oder in eine zusammenhängende Membran vereinigten, ist eine Hypothese, der die Entwicklungsgeschichte solcher Zellen nicht das Wort spricht. Wenn auch eine Ausdehnung der primären Zellmembran nach Ablagerung der Spiralschichte noch erfolgt, und diese dabei nothwendig mit jener auseinander gezogen werden muss, so bemerkt man doch schon beim ersten Erscheinen derselben alle jene Modificationen der Form, die sie im ausgebildeten Zustande zeigt, also durchaus keine Umwandlung der Form in der Zeit. Der Satz, dass die Grundlage aller verschiedenen Bildungen der secundären Membran in einfachen, enge aneinander liegenden Spiralfasern zu suchen sei, ist demnach als unrichtig zu verwerfen. Die Einwendung, dass das erste Erscheinen der Spiralfaserschichte wegen ihrer Durchsichtigkeit selbst nach Anwendung von Jod immerhin unsichtbar bleibt, und wir daher nur fortgeschrittene Entwicklungsstufen beobachten können, verliert darum alle Kraft, weil statt der postulirten Spiralbildung eben so gut eine gleichartige Membran als erstentstehende secundäre Schichte angenommen werden kann.

In den Zellen des Endotheciums der Antheren bildet die secundäre Zellschichte häufig nach einer Seite eine zusammenhängende Haut, während sie auf den übrigen Seiten in Fasern zerspalten ist, die von dem hautförmigen Theile strahlenförmig auslaufen. Allein auch hier zeigt schon die früheste Anlage dieselbe Faserbildung, wie sie im Alter erscheint, während man nach obiger Theorie das Entgegengesetzte vermuthen müsste.

M. J. Schleiden, Bemerkungen über Spiralbildungen in der Pflanzenzelle Flora, 1839. Nr. 21, 22. Dessen Grundzüge der wissensch. Botanik. Zweite Aufl. p. 118. Dessen Beiträge z. Bot. p. 185.

H. v. Mohl, Ueber den Bau der Ringgefässe. Flora, 1839. Nr. 43, 44. Dessen Verm. Schriften p. 285.

III. Abschnitt.

Vom Inhalte der Zellen.

§. 44. Wesentlich sowohl für das Entstehen als für das Bestehen und die Ausbildung der Zelle ist ihr Inhalt oder das Material ihrer Raumerfüllung. Der Inhalt der Zelle wechselt nach den verschiedenen Entwicklungsständen derselben, und zeigt häufig die erstaunungswürdigste Mannigfaltigkeit von Stoffen im kleinsten Raume.

Der Inhalt der Zellen und deren Umgrenzung sind ursprünglich als Eines zu betrachten und scheiden sich erst in Folge der Entwicklung. Die Wandung, eine Bildung derjenigen Substanz, welche der Entstehung der Zelle zum Grunde liegt, erscheint gegen diese, d. i. den Inhalt, immer als secundär, d. i. als untergeordnet. Die Wichtigkeit, den Zellinhalt nach allen seinen verschiedenen Bestandtheilen kennen zu lernen, ist daher in die Augen springend. Wenn seine Untersuchung hier auf die Untersuchung der Zellwand folgt, so hat diess nur darin seinen Grund, weil die Erkenntniss der weniger veränderlichen starren Zellhaut geringere Schwierig-

keiten darbietet, als die in bei weitem höherem Masse veränderliche Raumerfüllung der Zelle.

§. 45. Man unterscheidet im Inhalte der Zellen im Allgemeinen flüssige Substanzen und feste Körper von mannigfaltiger Form und Beschaffenheit, welche sowohl an sich als im gegenseitigen Verhältnisse während der Dauer des Zelllebens grossen Aenderungen unterworfen sind. Ihre Eigenschaften lassen sich auf anatomischem, physikalischem und chemischem Wege prüfen.

Die Kenntniss der im Zellinhalte befindlichen Substanzen ist nur zum Theil Gegenstand der Anatomie, in so weit dieselben nämlich feste oder doch festweiche Körper von bestimmter Gestalt darstellen. Alle Flüssigkeiten und die Prüfung derselben gehört mehr in das Bereich des Physikers und des Chemikers, obgleich auch dieses nicht immer so streng zu sondern ist. Jedenfalls sind unsere bisherigen Kenntnisse über diesen Gegenstand der vereinten Thätigkeit dieser und des Anatomen zuzuschreiben.

§. 46. Den wichtigsten Theil des Zellinhaltes bilden die flüssigen Substanzen. Der Bildung der Zelle liegen stets Flüssigkeiten zu Grunde, aus denen sich feste Körper abscheiden, mit deren Existenz erst die Begrenzung der Zelle durch eine Membran eingeleitet wird.

Es ist hier nicht der Ort, die Entstehung der Zelle zu schildern, doch muss in Bezug auf die Wichtigkeit des flüssigen Zellinhaltes so viel bemerkt werden, dass es nur diese Form der Substanz ist, welche ihrer Bildung zum Grunde liegt. Sobald aus derselben bereits feste Körper hervorgegangen sind, hat die Zellbildung schon eines und zwar das ursprüngliche Stadium überschritten. Es klingt zwar sonderbar, in einer formlosen Flüssigkeit den ersten Anfang der Zellbildung erkennen zu wollen, es handelt

sich jedoch nicht um den Grund der Wirklichkeit, sondern um den Grund der Möglichkeit, der nur in der amorphen Flüssigkeit zu suchen ist.

§. 47. In dem flüssigen Zellinhalte lassen sich zweierlei Flüssigkeiten recht leicht von einander unterscheiden. Die eine derselben ist von dickflüssiger Beschaffenheit, zähe, trüb und mit äusserst feinen Körnchen gemengt. Es ist das Protoplasma. Die andere ist mehr dünnflüssig, durchsichtig, häufig durch gelöste Farbestoffe tingirt, aber ohne körnigen Inhalt. Es ist der wässerige Zellsaft. Je jünger die Zelle, desto mehr wiegt die erstere Flüssigkeit vor, in der jüngsten Zelle ist sie ausschliesslich vorhanden. Beide Flüssigkeiten vermischen sich nicht und bleiben bis zum Verschwinden des Protoplasma gesondert.

Die Kenntniss des flüssigen Zellinhaltes hat durch die Unterscheidung zweier in ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften wesentlich verschiedener Flüssigkeiten sehr gewonnen. Mehreren Anatomen war dieser Unterschied nicht entgangen, doch fasste erst H. v. Mohl (Ueber die Saftbewegung im Innern der Zelle. Bot. Zeitung 1846. 73.) die damit verbundenen Erscheinungen in einem richtigen Zusammenhange auf. Während das Protoplasma eine mehr bildungsfähige und durch seine stickstoffhältigen Bestandtheile mehr lebensfähige Flüssigkeit darstellt, ist der wässerige Zellsaft der Träger der meisten im Zellsafte aufgelösten Substanzen, wie z. B. des Gummi, des Zuckers, der Salze, Farbestoffe u. s. w. und daher von untergeordnetem Charakter. Verfolgt man die ersten Bildungsstadien der Zelle, so gewahrt man anfänglich nur jene dickflüssige, körnige Flüssigkeit, die mit der ersten festen Gestaltung (dem Zellkern) noch ganz allein den Inhalt der Zelle ausmacht. Erst später scheidet sich in Form kleiner Tröpf-

chen, die durch Zusammenrinnen bald grösser und nach Massgabe der Verminderung der Protoplasma-Flüssigkeit immer zahlreicher werden, der wässerige Zellsaft aus. Der Inhalt der Zelle gleicht in diesem Zustande einer schäumenden Flüssigkeit, wobei die Luftbläschen den Wassertröpfchen, die flüssige Substanz dem Protoplasma zu vergleichen ist.

Fig. 19.



Endlich gewinnt der wässerige Zellsaft die Oberhand (*Fig. 19*) während das Protoplasma zuletzt als eine kaum bemerkbare Flüssigkeitsschichte auf die Innenwand des Primordialschlauches beschränkt bleibt. In erwachsenen Zellen fehlt in der Regel auch diese.

Während der Vergrösserung der Zellsafttröpfchen wird das Protoplasma immer mehr zurückgedrängt und sammelt sich einerseits um den Mittelpunct, anderseits an der Peripherie der Zelle, zwischen welchen zuletzt nur mehr oder minder zahlreiche strang- oder fadenförmige Partien als Vermittler übrig bleiben. In diesem Zustande lässt sich fast durchgängig eine Bewegung der Protoplasma-Flüssigkeit vom Mittelpunct nach der Peripherie und umgekehrt wahrnehmen. Ist aber diese Flüssigkeit nur auf die Peripherie beschränkt, so findet eine Bewegung derselben, die natürlich nur eine kreisende sein kann, nur ausnahmsweise und unter bestimmten Verhältnissen statt. Ausführlicher wird dieser Erscheinung noch später gedacht werden.

§. 48. Gleichzeitig mit der Entstehung des Protoplasma findet die Bildung eines kugelförmigen festen oder festweichen Körpers statt, um den sich jenes sam-

Fig. 19. Eine kugelförmige Zelle aus dem Fruchtfleische der Himbeere (*Rubus Idaeus*). Der Primordialschlauch hat sich von der Cellulosehaut getrennt, enthält nach oben das Rudiment des Zellkerns und ringsherum die Protoplasma-Flüssigkeit mit Vacuolen, welche Zellsaft enthalten, das Innere der Zelle wird ganz vom zusammengeflossenen Zellsaft erfüllt.

melt. Dieser ist der Zellkern oder das Kernbläschen (Cytoblastus). Der Zellkern ist ein Bläschen von einer sehr zarten, dem Primordialschlauch der Beschaffenheit nach gleichen Membran, erfüllt mit einer meist körnigen, stickstoffhältigen Substanz, welche noch ein oder mehrere dunkle Körperchen, die Kernkörperchen, enthält, deren Bläschennatur zweifelhaft ist.

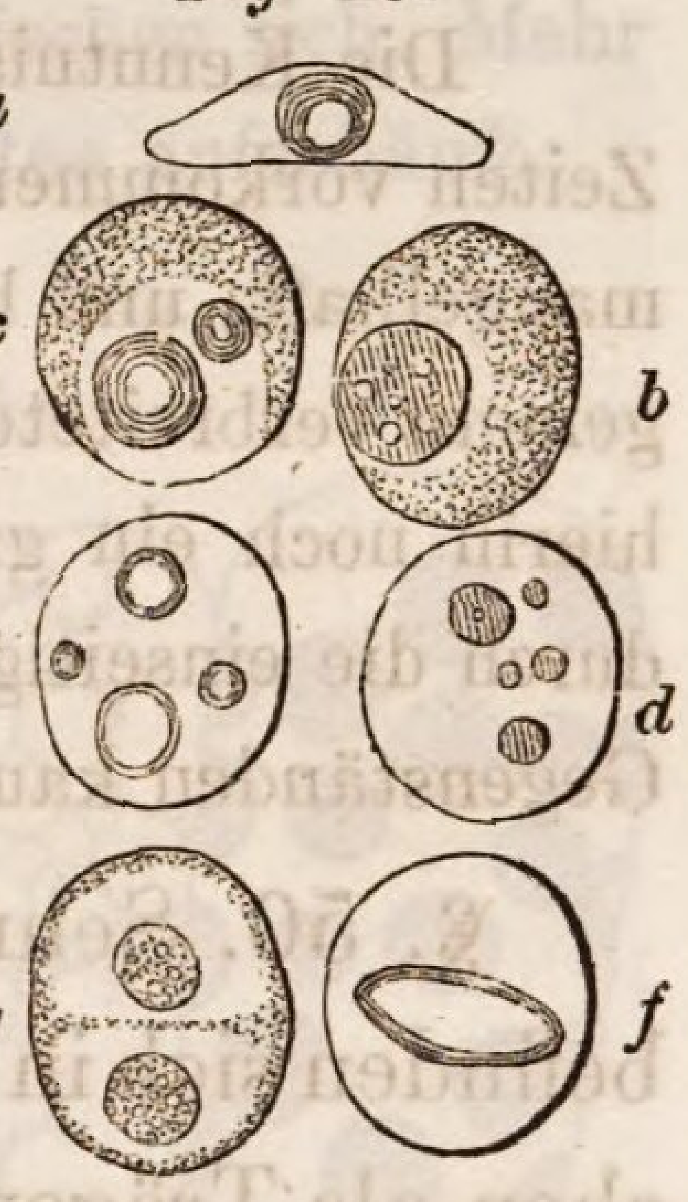
Der Zellkern von kugelrunder, sphäroidischer oder linsenförmiger Gestalt und ausserordentlicher Kleinheit (0.0018'''—0.017''' im Durchmesser) fehlt keiner jungen vegetabilischen Zelle und ist für deren Entstehung eben so nothwendig als das Protoplasma. Er füllt die jugendliche Zelle fast ganz aus, und behält bei Erweiterung der Zellwand seine Stellung zuerst in der Mitte der Zelle und verändert sie, ohne sich merklich zu vergrössern, erst in Folge des weiteren Wachsthumes derselben. Auf diese Weise wird der ursprünglich centrale Zellkern in den meisten Fällen nach und nach wandständig, ohne mit der Zellwand irgendwie zu verwachsen. In späterer Zeit verkümmert er nach und nach, wird zur leeren Blase und verschwindet in erwachsenen Zellen ganz. Auf den ersten Zellkern (primären Zellkern) folgen in demselben Elementarorgane noch während dessen Vorhandensein oder bald nach dessen Verschwinden oft noch ein oder mehrere Zellkerne zweiter Ordnung (secundäre Zellkerne) und nach diesen selbst Zellkerne dritter Ordnung (tertiäre Zellkerne). Beide letzteren entstehen so wie der primäre Zellkern aus derselben bildungsfähigen Substanz, aus der die Zelle ihren Ursprung nimmt und die als Protoplasma fortbesteht, oder auf secundärem Wege durch Theilung des vorhandenen Zellkerns.

In welcher Beziehung der Zellkern zur Saftbewegung und zur Entstehung neuer Zellen steht, wird später am geeigneten Orte besprochen werden.

Ueber die Organisation des Kernbläschens lässt sich wegen

dessen Kleinheit wenig sagen. So viel ist indess gewiss, dass dasselbe anfänglich einen homogenen stickstoffhältigen Schleim enthält, welcher später körnig wird und Schleimkörner, wohl auch zuweilen Amylum, Chlorophyll, Oel und Farbestoffe enthält. Die Zahl der Kernkörperchen in einem Kernbläschen ist verschieden und steigt bis vier und darüber. Diese sind anfänglich solide, d. i. blosse Anhäufungen von Schleim, werden später hohl oder zeigen wohl gar mehrere Höhlungen und darin noch ein rundes Körperchen. In einem Kernbläschen aus dem jungen Embryosack von Tripsacum dactyloides, welches 0.0127''' mass, hatte das hohle Kernkörperchen den Durchmesser von 0.0055''' erreicht. Die grössten Zellkerne aus dem Pericarpium von Basella massen 0.0166'''. Eine Uebersicht der verschiedenen Formen des Kernbläschens bieten die Zellen des Endosperms von Acanthus mollis dar (*Fig. 20 a* bis *f*). In *Fig. 20 g* ist ein Zellkern aus dem Embryosacke von Valeriana Phu in der Theilung begriffen dargestellt.

Fig 20.



Der Zellkern wird von Karsten als tertiäre Zelle, das Kernkörperchen als quartäre Zelle betrachtet, eben so hält er die bläschenartigen Höhlungen im Protoplasma für Anfänge von Zellen. Diese Ansicht lässt sich auf keine Weise rechtfertigen, wie das später bei passender Gelegenheit ausser Zweifel gestellt werden soll.

C. Nägeli, Zellkerne, Zellbildung und Zellwachsthum bei Pflanzen. Zeitschrift für wissensch. Bot. I. p. 38.
H. Karsten, Die Urzeugung. Botan. Zeitung. 1848, p. 457.
Idem, Beitrag zur Kenntniss des Zellenlebens. Botan. Zeit. 1848, p. 361.

Fig. 20. a—f Zellkerne, $\frac{1}{100}$ Lin. im Durchmesser *a* von der Seite gesehen; *b* Kernkörperchen mit zahlreichen Höhlungen, *c* mit 2, *d* mit 4 Kernkörperchen, *e* die Kernkörperchen hohl, *f* eines dessgleichen, *g* Zellkern von *Valeriana Phu.*

§. 49. Ausser dem Zellkern kommen in den verschiedenen Entwicklungszuständen der Zelle auch noch andere bläschenförmige Körper und Körner von mannigfaltiger Form und Structur vor. Die wichtigsten derselben sind die Chlorophyllbläschen und andere Farbebläschen, die Amylumkörner, die Schleimkörner u. s. w. Alle diese Körper sind für die Ausbildung des Elementarorganes von untergeordneter Bedeutung, und haben in der Regel nur ein transitorisches Dasein.

Die Kenntniss von den im Inhalte der Zelle zu verschiedenen Zeiten vorkommenden festen organisirten Bildungen ist noch sehr mangelhaft, und beschränkt sich bisher nur auf einige wenige allgemein verbreitete Körper. Mit den Fortschritten der Chemie wird hierin noch ein grosses Feld zur Bebauung eröffnet werden, was durch die einseitige Anwendung des Mikroskopes bei so kleinen Gegenständen kaum zu erwarten steht.

§. 50. Sehr allgemein in den vegetabilischen Zellen befinden sich in einer späteren Lebensperiode kleine Bläschen als Träger eines grünen Farbestoffes (Chlorophyll, Blattgrün), welche eben desshalb Chlorophyllbläschen genannt werden. Dieser Farbestoff ist aber nicht auf diese Bläschen beschränkt, sondern kommt eben sowohl im amorphen Zustande, in Kugeln zusammengeballt oder in bandartigen Streifen, so wie als Ueberzug körniger Bildungen (Amylum u. s. w.) vor; dergleichen kugelförmige Gestalten sind unter dem Namen Chlorophyllkörner bekannt. Die grüne Farbe der Pflanzen rührt davon her.

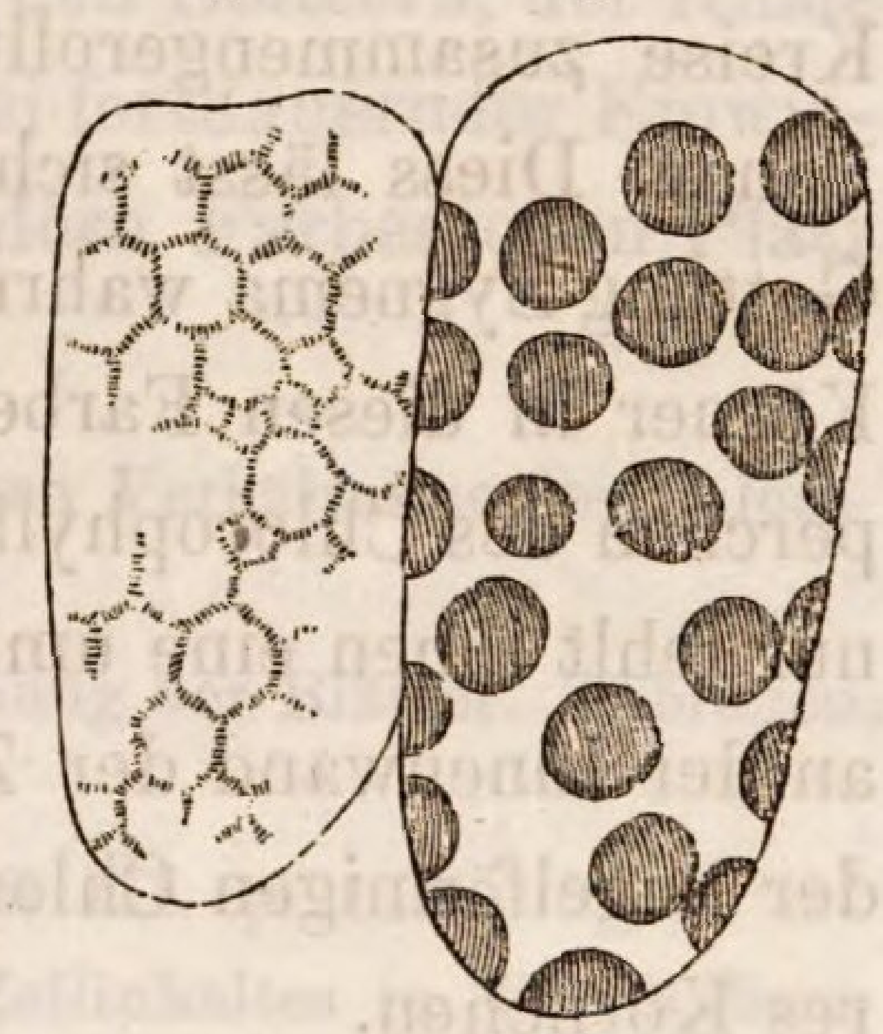
Mit wenigen Ausnahmen besitzen alle Pflanzen in einer bestimmten Lebensperiode Zellen, in welchen sich Chlorophyll bald

unter dieser bald unter jener Form befindet. Die sphäroidischen Zellen der Blätter sind dadurch ausgezeichnet, indem hier jener Farbestoff in grösster Menge angehäuft ist.

Die Chlorophyllbläschen gehören zu den kleinsten bläschenförmigen Gebilden; die grössten erreichen den Durchmesser von 0.002''' bis 0.0034''', stehen also selbst den kleinsten Zellkernen an Grösse noch nach. Sie sind sowohl frei im Zellsafte schwimmend als an der Zellwand liegend und mit dieser locker zusammenhängend. Im letzteren Falle bedecken sie dieselbe, dicht an einander und in geordneten Reihen liegend (wie bei Chara, Nitella), ganz, oder sind mehr vertheilt und lassen Räume zwischen sich. Mehr ausnahmsweise findet man sie an einzelnen Puncten aufgehäuft.

An der Bläschennatur des Chlorophylls kann in vielen Fällen kein Zweifel sein. Bei Aphyllanthes monspelliensis *(Fig. 21 a)* gelang es mir, die umkleidende Hülle von dem Farbestoffe scharf zu trennen, auch sah ich nach Entfernung der Chlorophyllbläschen in der Protoplasmaschichte an der Innseite der Zellwand die netzförmigen Reste derselben *b*, in welche sie eingebettet und wodurch sie an die Zellwand angeheftet waren.

Fig. 21.

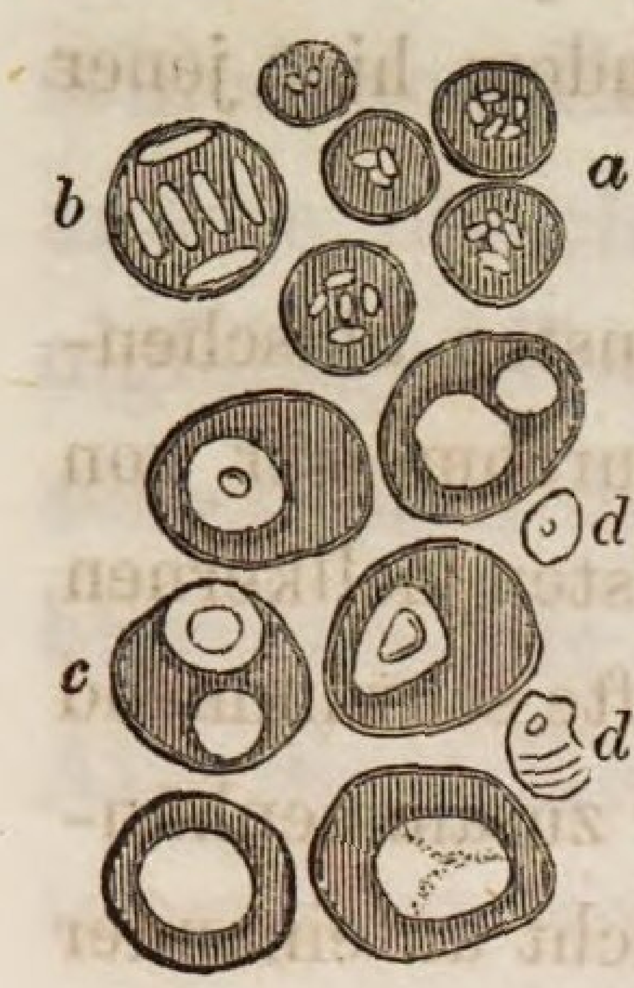


Dass die Membran der Chlorophyllbläschen keine Cellulosemembran sein kann, sondern ihrer Natur nach dem Primordialschlauche näher verwandt ist, beweist die Reaction auf Jod.

Noch deutlicher erscheint die Bläschennatur des Chlorophylls in solchen Bläschen, die nebst dem Farbestoffe zugleich Amylum

Fig. 21. Zwei neben einander stehende Zellen aus dem Blatte von *Aphyllanthes monspelliensis*, *a* mit Chlorophyllbläschen, *b* ohne dieselben. Vergr. $^{400}/_{1}$.

Fig 22.



einschliessen. Ein Beispiel geben die Chlorophyllbläschen des Prothallus von Farn, die in ihrem Innern bis zu fünf ovale Amylumkörner enthalten (*Fig. 22 a*), ferner jene aus den Zellen von Nitella flexilis (*Fig. 22 b*) und endlich die Chlorophyllbläschen der Zellen des Blattes von Begonia discolor (*Fig. 22 c*). Im letzteren Falle sind die mit dem Farbestoffe eingeschlossenen Amylumkörner am grössten, und lassen wohl gar einen Kern und eine Schichtung wahrnehmen (*Fig. 22 d*).

Das nicht durch eine Membran eingeschlossene Chlorophyll ist sowohl ungeformt in wolkenförmigen Massen im Zellsafte vertheilt oder es ist mehr oder weniger in Streifen oder in kugeligen Massen zusammengeballt. Die Streifen gleichen einem im Kreise zusammengerollten oder in einer Spirale aufgewundenen Bande. Diess lässt sich bei Confervaceen und das letztere in der Gattung Zygnema wahrnehmen. Auch hier finden sich verschiedene Körner in diesen Farbestoff eingebettet. Die kugelförmigen Körperchen des Chlorophylls haben grosse Aehnlichkeit mit Bläschen, nur fehlt ihnen eine umhüllende Membran. Auch sie sind wie jene an der Innenwand der Zelle angeheftet. Sehr häufig ist der Kern der kugelförmigen Chlorophyllkörperchen Amylum oder ein anderes Körnchen.

Der grüne Farbestoff der Pflanzen ist kein einfacher Körper, sondern aus Chlorophyll und Wachs zusammengesetzt. Das reine Chlorophyll ist in Alkohol, Aether, in concentrirter Salzsäure, Schwefelsäure und Essigsäure mit grüner Farbe löslich, eben so in ätzenden und kohlensauren Alkalien, nicht aber im Wasser. Die gelöste grüne Flüssigkeit erscheint bei durchfallendem Lichte

Fig. 22. a Chlorophyllbläschen aus dem Prothallus eines Farrenkrautes, *b* dessgleichen aus *Nitella flexilis*, *c* Chlorophyllbläschen aus den Zellen des Blattes von *Begonia discolor* mit grösseren Amylumkörnern, welche in *d* isolirt dargestellt sind.

burgunderroth. Das reine Chlorophyll besteht nach Mulder aus $C^{18}H^{9}NO^{8}$ und ist somit eine sauerstoffarme stickstoffhältige Substanz, die sich an die weiter unten zu erwähnenden indigoartigen Substanzen anschliesst.

Ungeachtet seines häufigen Vorkommens mit Amylum ist doch seine Entstehung aus demselben nicht wahrscheinlich, eben so wenig, wie Mulder voraussetzt, dass sich unter Abgabe von O aus demselben zuerst Wachs $C^{15}H^{15}O$ und dann Chlorophyll bilde. Viel wahrscheinlicher ist der von Mohl angedeutete Zusammenhang (die vegetabilische Zelle p. 204) des Chlorophylls mit dem Protoplasma, da sich nach Einwirkung des Lichtes auf Pflanzenzellen, die im Dunkeln vegetiren, die grünliche Farbe zuerst im Protoplasma als unbegrenzte Wölkchen zeigt.

Das Chlorophyll entsteht daher vorzüglich unter Einfluss des Lichtes an peripherischen Pflanzentheilen, den Blättern, der Rinde u. s. w., verschwindet aber auch wieder bei fortdauernder Einwirkung desselben, indem es nicht selten andern Farbestoffen Platz macht.

H. v. Mohl, Untersuchungen über die anatomischen Verhältnisse des Chlorophylls. Tübingen, 1837.

Idem, Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter. Tübingen, 1837.

C. Nägeli, Zeitschr. f. wissensch. Botanik. Heft III. p. 110.

Göppert und Cohn, Ueber die Rotation des Zellinhaltes in Nitella flexilis. Botan. Zeitung 1849. Stück 37—40.

G. J. Mulder, Versuch einer allgem. physiologischen Chemie, p. 270—300.

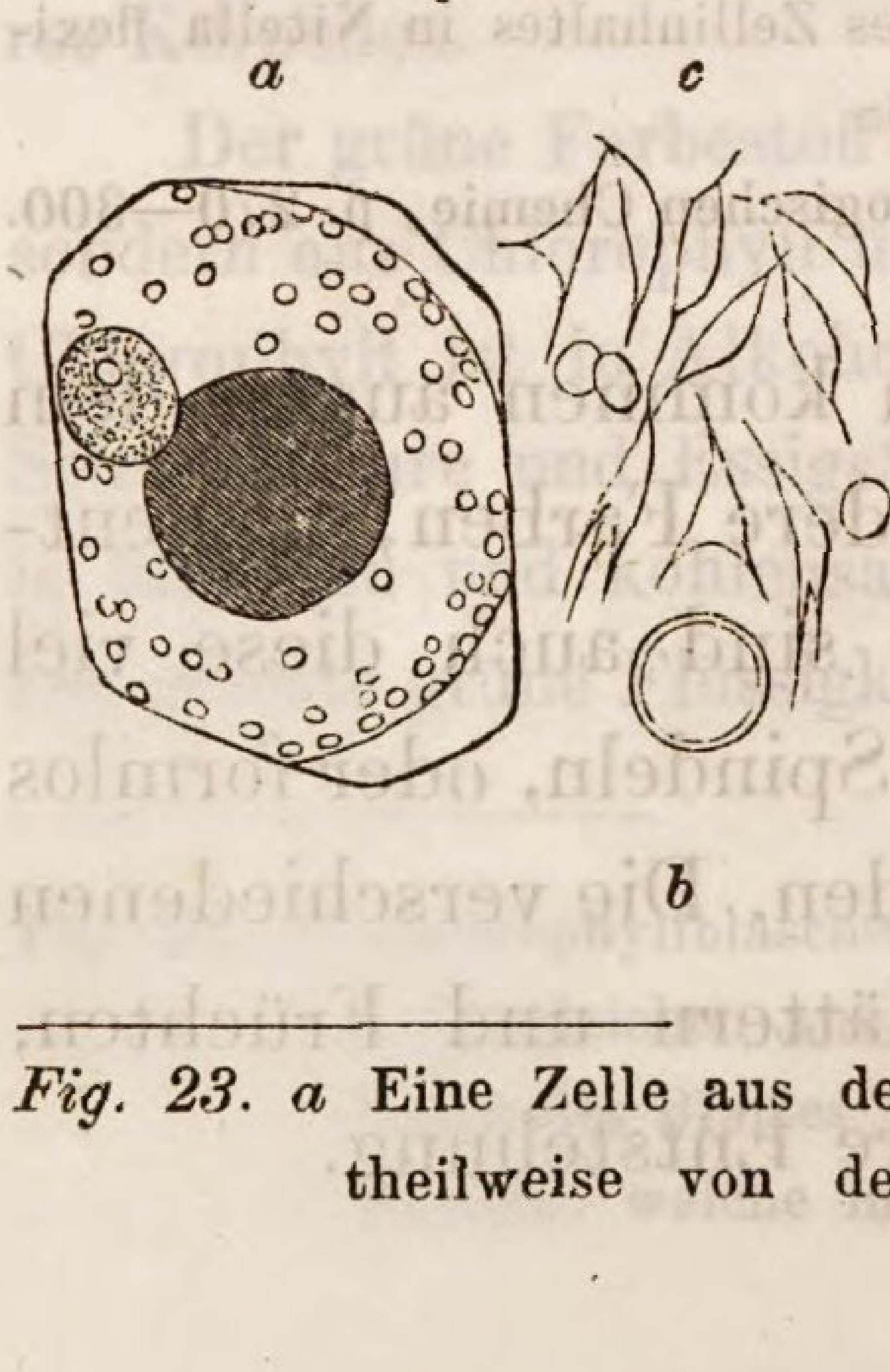
§. 51. In Bläschenbildungen kommen ausser dem grünen Farbestoffe auch noch andere Farben, namentlich blaue und rothe, vor, doch sind auch diese viel häufiger in Form von Kügelchen, Spindeln, oder formlos und im Zellsafte aufgelöst vorhanden. Die verschiedenen Farben, besonders an Blumenblättern und Früchten, verdanken diesen Farbestoffen ihre Entstehung.

Die Kenntniss der vegetabilischen Pflanzenfarben ist bisher noch sehr beschränkt, und vom anatomischen so wie vom physiologischen Standpuncte keineswegs genügend untersucht. Die in der Technik eine grosse Rolle spielenden Pflanzenfarben, wie der Indigo, Krapp u. s. w. sind meist ungefärbt oder schwach tingirt im Zellsafte aufgelöst, und erhalten ihre oft intensive und dauerhafte Farbe erst bei höherer Oxydation und in Verbindung mit andern Körpern.

Der Indigo ist zusammengesetzt aus $C^{16}H^{5}NO^{2}$ und findet sich im Zellsafte der Indigofera-Arten des Polygonum tinctorium, der Isatis tinctoria u. s. w., der nichts weniger als gefärbt erscheint. Bei Mercurialis genügt eine kurze Einwirkung des Sauerstoffes der Luft, um eine blaue Färbung hervorzurufen, eben so bei dem Farbestoffe des Krapp's, der in den Zellen der Rubia tinctorum nur eine schwachgelbe Lösung bildet.

Die blauen und rothen Pflanzenfarben färben in der Regel den ganzen wässerigen Zellsaft, aber nicht zugleich das Protoplasma, wie diess z. B. in den Zellen der Beeren von Actaea spicata, in den Zellen der Staubgefässe von Tradescantia virginica u. s. w. leicht zu erkennen ist. Seltner bilden sie im ungefärbten Zellsafte schwimmende Kügelchen, und noch seltner Farbebläschen, wie z. B. bei Begonia discolor, Passiflora laciniata, suberosa u. s. w. (*Fig. 23 a*). Bei Passiflora laciniata erreichen sie die Grösse von $^1/_{100}$ bis $^1/_{74}'''$. Die in den Bläschen enthaltenen Farbepartikelchen sind jedoch unmessbar klein.

Fig. 23.



Der rothe Farbestoff, der bei der herbstlichen Färbung der Blätter auftritt, entwickelt sich ebenfalls gelöst im Zellsafte neben dem Chlorophyll. Die gelbe Farbe eben solcher Blätter

Fig. 23. *a* Eine Zelle aus der Frucht von *Passiflora laciniata*, mit dem theilweise von der Zellwand losgelösten Primordialschlauche.

entsteht aus einer Modification des Chlorophyll's und wird Xanthophyll genannt. In anderen Fällen kommt das gelbe Pigment in Form von Kügelchen (bei Blumenblättern und gelben Früchten), oder in spindelförmigen Fasern vor (in den gelben Perigonalblättern von Strelitzia regina und in den Beeren von Lonicera alpigena). In den gelben Rüben ist der schön rothe Farbestoff (Carotin) in Form von kleinen Körnchen vorhanden. Dasselbe ist der Fall bei dem Farbestoffe, der die Früchte von Haemanthus puniceus hellroth färbt. Die Farbekörnchen sind nur sparsam im ungefärbten Zellsafte vertheilt und haben einen Durchmesser, der $^1/_{1000}'''$ nicht übersteigt. Bei weitem zahlreicher und grösser sind die orangegelben Farbebläschen der Früchte von Capsicum cerasiforme *(Fig. 23 c)*. Sie sind rund und spindelförmig und von einem intensiv gelbrothen Farbestoffe erfüllt.

§. 52. Viel allgemeiner als alle bisher betrachteten organischen Substanzen im Innern der Zellen sind jene körnigen Bildungen verbreitet, welche man Stärkemehl (Amylum, Amylon, Amydon) nennt. Es stellt verschieden geformte, jedoch meist kugelige sehr kleine Massen vor, die häufig in grosser Menge, aber vorübergehend den Inhalt der Zellen erfüllen und für die Erhaltung der Pflanze von Wichtigkeit sind.

Das Stärkmehl, welches mit Ausnahme der Pilze bisher in allen Abtheilungen des Gewächsreiches gefunden wurde, kommt schwerlich ungeformt, sondern in kleinen, ungefärbten, durchscheinigen Körnern von 0.0820''' bis 0.0009''' Grösse vor. Diese stel-

Ausser dem Zellkern und den Chlorophyllkörnern findet sich in derselben noch ein grosses dunkelblaues Farbebläschen. *b* Dasselbe Farbebläschen nach Einwirkung von Schwefelsäure. Vergr. $^{360}/_1$. *c* Runde und spindelförmige Farbebläschen aus dem Fruchtfleische von *Capsicum cerasiforme*. Vergr. $^{590}/_1$.

len im ausgebildeten Zustande keine homogene Substanz dar, sondern tragen in einer Art von Schichtung deutliche Spuren einer bestimmten Organisation an sich. Sie bestehen aus einem weichen halb flüssigen, bald grösseren, bald kleineren Kern, welchen concentrische Schichten von grösserer Consistenz einschliessen. Da diese Schichten nach einer Seite gewöhnlich dicker als nach der andern sind, so bekömmt der Kern dadurch meist eine excentrische Lage. Wo die Schichtung weniger deutlich zu erkennen ist, läs-t sie sich durch Anwendung äusserer Agentien dennoch leicht darstellen. In vielen Fällen erscheint der Kern in Form einer grösseren oder kleineren centralen Höhle mit radienförmigen Ausstrahlungen, wie diess bei Colchicum autumnale, Marantha bicolor, bei Zea praecox und microcarpa, Paeonia officinalis u. s. w. der Fall ist. *Fig. 24.*

Fig. 24.



Vollkommen gereinigt von Wachs, Oel, Eiweiss u. s. w., welche besonders die Oberfläche des Korns überziehen, ist es in vielen bisher untersuchten Pflanzen fast durchaus gleich zusammengesetzt, so dass man nach Streker und Ortigosa die Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$ dafür annehmen kann.

Das Amylum löst sich weder im Wasser noch in Alkalien und Säuren auf, sondern vertheilt sich nur darin. Mit kochendem Wasser gibt es eine gallertartige Substanz, welche man Kleister nennt. Die erste Wirkung desselben ist auf den Kern und die inneren weicheren Schichten beschränkt, welche von innen nach aussen regelmässig zerreissen.

Es quillt sodann das Amylumkorn zu einem bedeutenden Umfange auf, die Schichten verschwinden und bei einem gewissen Grade der Veränderung stellt es eine gleichartige Masse dar, deren Oberfläche wie von einer Haut begrenzt erscheint; endlich ver-

Fig. 24. a Amylumkorn von *Zaea microcarpa; b* von *Colchicum autumnale; c* von *Zaea praecox; d* von *Marantha bicolor.* Vergr. $^{300}/_{1}$.

schwindet auch diese scharfe Grenze und es vertheilt sich in formlosen Flocken.

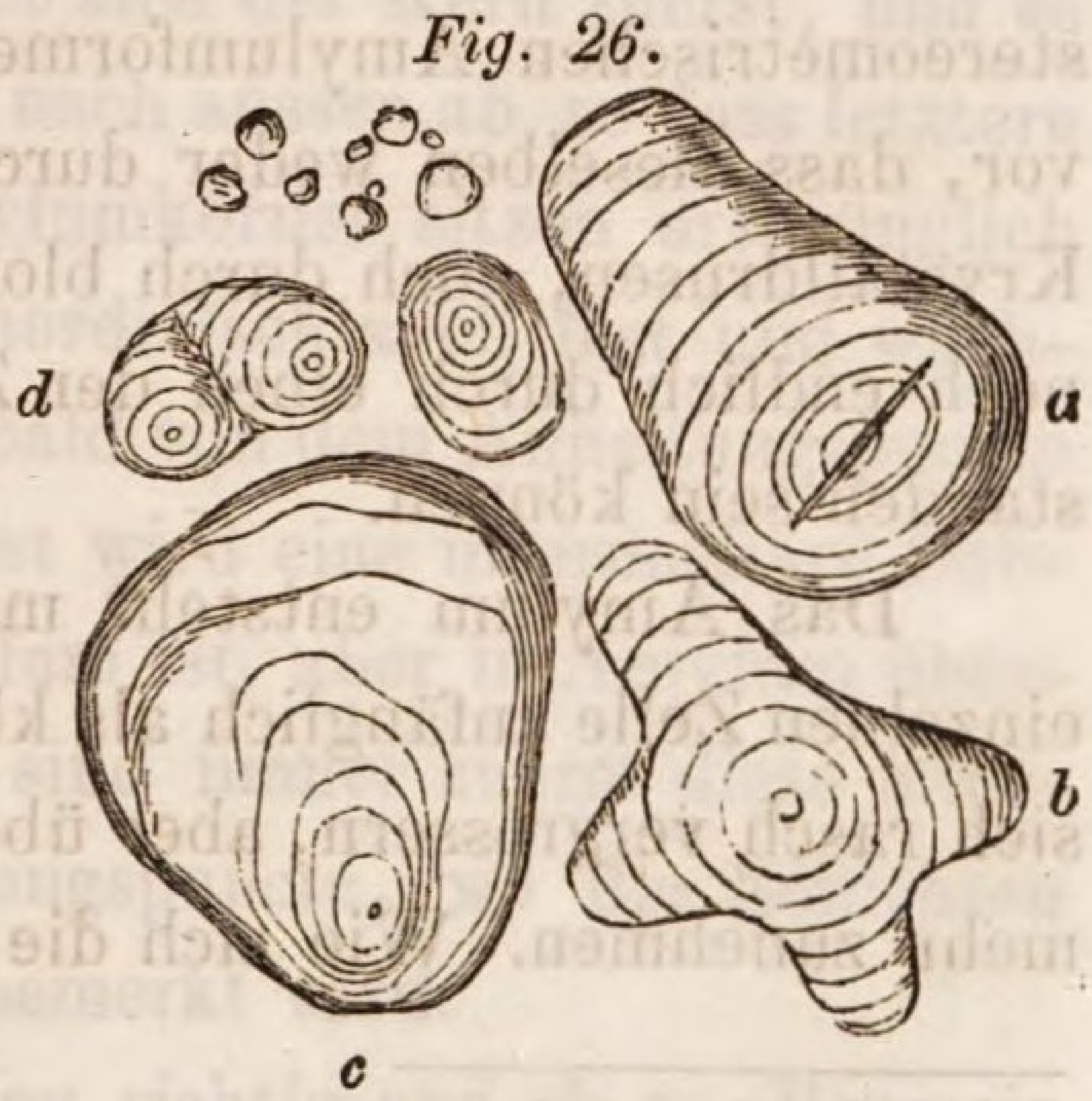
Concentrirte Schwefelsäure und wasserfreier Alkohol verwandelt durch Entziehung des Wassers den weichen Kern in eine Höhle *(Fig. 25, c)*. Alkohol, Aether, ätherische und fette Oele wirken auf das Amylum nicht ein. Durch Jod färben sich die aufgequollenen so wie die nicht aufgequollenen Körner je nach der Menge, die sie aufnehmen, weinroth, indigoblau bis zum tiefsten Schwarzblau, indem sich dabei eine chemische Verbindung, die Jodstärke, bildet, welche jedoch wieder leicht zersetzt wird. Durch Diastase und verdünnte Schwefelsäure wird das Amylum in Dextrin und Zucker verwandelt.

Fig. 25.



Obgleich die vorherrschende Form der Stärkekörner die kugelförmige oder kugelähnliche ist *(Fig. 26)*, so weicht dieselbe doch mannigfaltig dadurch ab, dass sie mehr oder minder zusammengedrückt, theils linsenförmige, theils scheibenförmige Körper darstellen, sich zu stabförmigen Gestalten verlängern oder wohl gar eine ganz unregelmässige Gestalt annehmen *(Fig. 26 b)*.

Fig. 26.



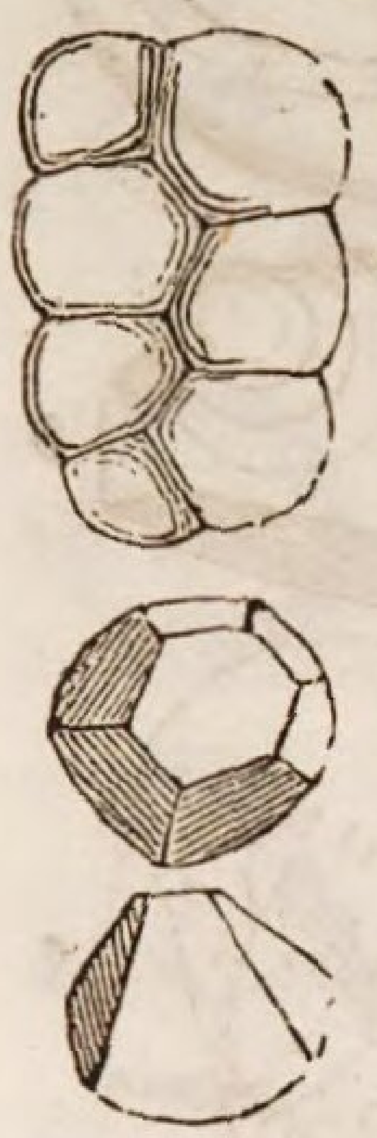
Nicht selten gruppiren sich zwei und mehrere Amylumkörner zu zu-

Fig. 25. *a* Amylum aus dem Rhizom von *Canna glauca*, scheibenförmig mit deutlichen Schichten. Vergr. $^{360}/_{1}$. *b* ein Korn senkrecht durchschnitten; *c* ein kleineres Korn nach beginnender Einwirkung von Schwefelsäure, wobei sich der weiche Kern in eine sternförmige Centralhöhle erweiterte.

Fig. 26. *a*, *b* Unregelmässiges Amylum aus den Schuppen des Rhizom's von *Lathraea squamaria*. Vergr. $^{1000}/_{1}$. *c* Amylum aus den Knollen

sammengesetzten Körpern (Drusen), indem sie dann häufig regelmässige stereometrische Gestalten mit einer oder mehreren ebnen und einer Kugelfläche annehmen. Ich habe Combinationen bis zu 15 Stärkekörnern zu regelmässigen kugelförmigen Körpern beobachtet, und zwar dieselbe Anzahl Körner in mehrfacher Gruppirung. Die gewöhnlichsten Gruppen bestehen jedoch nur aus 2, 4 und 6 Körnern.

Fig. 27.



a b c

Beispiele davon gibt das Amylum der Zwiebel von Crocus, Colchicum, Bulbocodium, Gladiolus, Arum u.s.w. (*Fig. 27 a*). In den Zellen der Blätter von Limnocharis Humboldtii sind immer nur 2 Amylumkörner in paukenförmiger Vereinigung. Payen (Ann. d. scienc. nat. T. X. 1838. p. 205) hat im Marke von Cycas circinalus 2—7 vereiniget gefunden. Bei Panicum italicum und miliaceum, Sorgum vulgare, Zea Mays, Cactus peruvianus kommen allerlei Formen von polyëdrischen Amylumkörnern vor.

Sowohl Fritsche als G. Bischof und J. Münter haben sich mit Untersuchung von derlei Gruppirungen der stereometrischen Amylumformen abgegeben. Es geht daraus hervor, dass dieselben weder durch mechanische Apposition wie die Krystalldrusen, noch durch blossen Druck im beengten Zellraume, noch endlich durch einen der Zellbildung analogen Vorgang entstanden sein können.

Das Amylum entsteht meist in zahlreicher Menge in einer einzelnen Zelle anfänglich als kleine kaum messbare Kügelchen, die sich rasch vergrössern, aber über eine gewisse Grenze hinaus nicht mehr zunehmen. Wie sich die ersten Anfänge aus dem flüssigen

von *Solanum tuberosum*. Vergr. $^{360}/_{1}$; *d* dessgleichen eines Samenexemplares von *Solanum tuberosum*. Mittlere Grösse 0.006‴; *e* aus einer der jüngsten knolligen Anschwellungen der Kartoffel. Vergr. $^{590}/_{1}$.

Fig. 27. a Eine Gruppe von sieben ziemlich regelmässig geformten Stärkekörnern von *Arum maculatum*. *b*, *c* Einzelne solcher Körner mit einer Kugelfläche und mehreren ebenen Flächen. Vergr. $^{300}/_{1}$.

Inhalte der Zellen ausscheiden, ob die Amylumsubstanz in Bläschen abgelagert wird, wie Nägeli (Zeitschr. f. w. Bot. Hft. 3. p. 117), Reissek (Ueber die Zellnatur der Amylumkörner. Bericht über die Mitth. der Freunde der N. W. in Wien. I. p. 84) und Karsten behaupten, oder ob das Amylumkorn als solches von aussen nach innen (Payen, Münter), oder von innen nach aussen durch Auflagerung neuer Schichten wachse (Fritsche, Schleiden u. s. w.) ist noch keineswegs durch schlagende Beweise festgesetzt. Doch spricht mehr dafür, dass die äusseren Schichten trotz ihrer grösseren Consistenz später abgelagert sind als die inneren weichen Schichten und der fast flüssige Kern, indem zuweilen um zwei an einander liegende Körner äussere Schichten verlaufen und dieselben zu Einem Amylumkorn vereinigen. Wie man unter solchen Umständen die Schichten für blosse Falten erklären kann, ist mir nicht begreiflich.

Neuerlichst hat Herm. Crüger gleichfalls dieser letzten Ansicht das Wort gesprochen (Beitrag zur Stärkmehlkunde. Bot. Zeit. 1854. St. 3). Nach ihm bildet sich der Kern zuerst, und es lagern sich die Schichten von innen nach aussen ab, so dass letztere die jüngsten sind. Die jungen Amylumkörner sitzen ursprünglich an der Zellwand und zwar am Primordialschlauch fest und wachsen so, dass ihr excentrischer Kern bald von dem Anheftungspuncte am fernsten zu liegen kommt. Zuerst wird eine intermediäre Substanz gebildet, die noch nicht Amylum ist, aber in Amylum übergeht, und alle folgenden Schichten sind immer zuerst diese intermediäre Substanz, die am Anheftungspuncte, wo die Schichten am weitesten sind, am leichtesten bemerkt wird.

Ob der so beobachtete Vorgang richtig und ob er allgemein giltig ist, müssen spätere Untersuchungen entscheiden.

Sehr abweichend indess von der gewöhnlichen Bildungsweise scheint die Entstehung der Stärke im Samen der Zea vor sich zu gehen. In einem Stadium vor der Reife desselben sind die runden Stärkekörner zwar in grosser Menge, aber noch locker, angehäuft, so dass eine körnige, stickstoffhältige Substanz (Protoplasma)

jedes einzelne Korn umgibt. Der Reife nahe haben sich die Amylumkörner bedeutend vergrössert, ihre kugelige Form ist in eine polyëdrische übergegangen, und sie berühren sich nunmehr. Dabei hat sich aber das formlose körnige Protoplasma in eine Membran verwandelt, welches jedes einzelne Korn mit einer eben so geformten polyëdrischen Hülle umgibt. Es gelingt häufig, dieselbe von dem eingeschlossenen Amylumkorn zu isoliren, und man glaubt dann, eine polyëdrische Zelle vor sich zu haben.

Eben so verschieden in ihrer Entstehung ist auch die Stärke in den Zellschläuchen von Caulerpa prolifera. In mit Schleim erfüllten Bläschen entsteht anfänglich eines, dann zwei bis zu fünf Amylumkörner, wobei sich das Bläschen fort und fort vergrössert, sodann auflöst und das Amylum frei heraustreten lässt.

Fig. 28.



Dem Amylum zwar nahe stehend, aber durch die Reaction sich von demselben unterscheidend sind die in den Zellen der Vallisneria spiralis zur Winterszeit kreisenden Körner, deren Durchmesser nur 0.0045‴—0.006‴ beträgt. Sie sind von mannigfaltiger Form (*Fig. 28*), aber was sie besonders auszeichnet ist die Schleimatmosphäre, die sie umgibt, und welche sich im Frühjahr und Sommer zu einer Chlorophyllschichte umstaltet. Da man sie in verschiedener Grösse, einfach, halbgetheilt und zu zwei bis vier Körnern vereint wahrnimmt, so konnte das wohl Amylum sein, welches in Vermehrung durch Theilung begriffen ist, und während dieser Zeit seine Substanz veränderte.

J. Fritsche, Ueber das Amylum. Ann. d. Phys. u. Chemie. Bd. XXXIII. 1834. p. 129. Tab. 1, 2.

F. V. Raspail, Neues System der Chemie organischer Körper, übersetzt von Wolf. 1834.

Payen, Mémoire sur l'Amidon, considéré sous les pointes de vue anatomique et physiologique. Ann. d. scienc. nat. X. 1838.

Fig. 28. Amylumkörner aus den Zellen des Blattes von *Vallisneria spiralis* während des Winters. Vergr. $^{330}/_{1}$.

Payen, Mémoire sur l'Amidon, la dextrine et la diastase. Mém. de l'Acad. roy. des scienc. T. VIII. p. 209.

G. Bischoff, Merkwürdige Formen von Stärkmehlkörnern der Sassaparillwurzel. Botan. Zeitung. 1844. St. 22.

J. Münter, Ueber das Amylum von Gloriosa superba u. s. w. Botan. Zeitung. 1845. St. 12.

§. 53. Mit dem Amylum zunächst verwandt ist das Inulin (Dahlin, Calendulin), eine in den Zellen vieler Pflanzen, namentlich der Wurzel, in ungemein kleinen, runden, wasserhellen Kügelchen vorkommende Substanz, die im kochenden Wasser leicht auflöslich ist und beim Erkalten sich wieder körnig ausscheidet.

Im kalten Wasser quellen die Körner nur auf und werden dann durchsichtig. Das Inulin ist unlöslich in Aether und Alkohol und gibt mit Jod eine gelbbraune Verbindung.

Die Zusammensetzung des Inulin (aus Dahlia, Helenium und Leontodon) ist nach Mulder genau die der Stärke, nämlich $C^{12}H^{10}O^{10}$, und es scheint dasselbe nur durch seine physikalische Beschaffenheit von der Stärke verschieden zu sein.

Nach Parnell besteht das Inulin der Dahlia im wasserfreien Zustande aus $C^{24}H^{18}O^{18}$, bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet aus $C^{24}H^{18}O^{18} + 3\ (HO)$, aufgelöst aus $C^{24}H^{18}O^{18} + 5\ (HO)$.

Das Inulin findet sich vorzüglich in den Wurzelzellen der Compositen, namentlich von Inula Helenium, Dahlia variabilis, Helianthus tuberosus, Cichorium Intybus, Taraxacum Dens Leonis u. s. w., ist aber auch in einigen Pflanzen aus andern natürlichen Familien, z. B. in Archangelica officinalis, Datisca canabina, Colchicum autumnale, Ramalina fraxinea und fastigiata u. s. w. beobachtet worden.

Die Wurzelknollen des Topinambour (Helianthus tuberosus) sollen nur in Europa Inulin, in ihrem Vaterlande Amerika aber Stärke enthalten.

§. 54. Ein fast nie fehlender Bestandtheil des Inhaltes der Zelle ist das Dextrin, das Gummi und der Zucker, doch sind alle diese Körper stets im Zellsafte aufgelöst, und wir kennen noch kein Mittel, uns vom Vorhandensein derselben so wie von ihren Mengen auf mikroskopischem Wege zu überzeugen.

Das Dextrin ($C^{12}H^{10}O^{10}$) ist in allen Zellen vorhanden, in denen ein lebhafter Stoffwechsel vor sich geht. Mit der Cellulose, dem Amylum u. s. w. von gleicher chemischer Zusammensetzung scheint es die Bildung derselben vorzugsweise zu vermitteln, daher es sich auch durch verdünnte Schwefelsäure, durch Diastase u. s. w. wieder daraus herstellen lässt. Seinen Namen hat es daher, dass seine wässerige Lösung die Polarisationsebene des Lichtes nach rechts dreht.

Mit dem Dextrin zunächst verwandt ist das Gummi, doch ist es zweifelhaft, ob dasselbe eben so allgemein wie jenes als Inhalt vegetirender Zellen zu beachten ist. Der grösseren Menge nach kommt es als Excretionsproduct in den sogenannten Gummigängen vor, von welchen später die Rede sein wird. Das Gummi ist eine formlose im trockenen Zustande glasartig spröde Substanz, die sich im Wasser und in verdünnten Säuren leicht, aber weder in Alkohol und Aether noch in Fetten und ätherischen Oelen auflöst.

Das Gummi ist nach Mulder zusammengesetzt aus $C^{12}H^{10}O^{10}$.

Vom Gummi einigermassen verschieden ist die Pflanzengallerte und der Pflanzenschleim ($C^{12}H^{10}O^{10}$), letzterer ein trocken knorpelartiger, feucht gallertartiger wasserheller Stoff, der im Wasser nicht löslich ist, sondern sich nur in demselben vertheilt, und von Alkohol und Aether eben so wenig wie jenes afficirt wird. Der Pflanzenschleim findet sich als Inhalt der Zellen und zwar in jenen der Orichideenknollen, in den Zellen der Rinde und des Marks der Cacteen, in den Wurzeln von Althaea, Symphytum, in der Rinde des Rhizomes der Saponaria u. s. w.

Als secundäre im Wasser stark aufquellende und sich selbst in derselben zertheilende Zellwand kommt der Pflanzenschleim in der Samenhaut der Cydonia, des Linum, in den Zellen der Markstrahlen mehrerer Astragalusarten (als Tragant) vor.

In wie weit die Pflanzengallerte (Petose) an der Bildung der primären Zellhaut vorzüglichen Antheil nimmt (bei Fucoideen u. s. w.) lässt sich dermalen, wo dieselbe so wenig genau geprüft ist, nicht mit Sicherheit sagen.

Der Zucker kommt nur gelöst, höchst selten und ausnahmsweise krystallisirt als Inhalt der Zellen vor. Er ist sehr allgemein in der Pflanzenwelt verbreitet, besonders in grosser Menge in den Stengeln der Gräser (Zuckerrohr, Mays u. s. w.), in saftigen Wurzeln vieler Pflanzen (Rübe, Runkelrübe, Mohrrübe u. s. w.), in den süssen Früchten, selbst im Holze mehrerer Bäume zur Frühlingszeit (Acer saccharinum, Betula alba u. s. w.). Vor der Reife der amylumhältigen Früchte und Samen und während dem Keimen der letzteren tritt er ebenfalls vorübergehend auf.

Rein bildet er im festen Zustande wasserhelle Krystalle, die im Wasser leicht, im Alkohol wenig, in fetten und ätherischen Oelen gar nicht löslich sind. Man unterscheidet Rohrzucker, Krümmelzucker oder Traubenzucker und Schleim- oder Fruchtzucker. Rohrzucker ist zusammengesetzt aus $C^{12}H^{10}O^{10}$ $+HO$ oder nach Mulder aus $C^{12}H^{9}O^{9}+^{2}(HO)$, der Krümmel- oder Traubenzucker aus $C^{12}H^{12}O^{12}+^{2}(HO)$, der Schleimzucker aus $C^{12}H^{12}O^{12}$. Concentrirte Schwefelsäure bringt bei Gegenwart einiger Tropfen Gallenflüssigkeit in einer zuckerhältigen Flüssigkeit eine violette Färbung hervor. Dagegen lässt sich durch weinsaures Kupferoxydkali nicht mit Sicherheit die Anwesenheit von Zucker ermitteln. Ausserdem kommen noch mehrere zuckerhältige Substanzen, wie z. B. der Mannazucker (Mannit $C^{12}H^{14}O^{12}$), der Eucalyptuszucker, das Glycyrrhizin u. s. w., in der Manna-Esche, in Tamarix gallica, Larix europaea, Agaricus piperatus, Laminaria saccharina, ferner in den Eucalyptusstämmen, in der Wurzel von Glycyrrhiza glabra und chinata vor. Das Manna,

welches sich nach Mitscherlich erst durch Zersetzung des Rohrzuckers bildet, besteht aus $C^{12}H^{14}O^{12}$, der Eucalyptuszucker gleich dem Mannazucker aus den Eucalyptusstämmen auf Van Diemensland ausfliessend ist zusammengesetzt aus $C^{24}H^{19}O^{19}+9HO$.

§. 55. Im Zellsafte vollkommen gelöst oder in Form von grösseren und kleineren Tröpfchen, Kügelchen oder formlosen halb flüssigen Massen kommen eine grosse Menge von Verbindungen vor, die die Chemie als stickstofffreie und stickstoffhältige, und zwar sowohl als indifferente oder als nicht indifferente Verbindungen bezeichnet hat. Beinahe von keiner derselben kann man mittelst Reagentien auf mikroskopischem Wege das Vorhandensein im Zellsafte nachweisen.

Es ist hier nicht der Ort, um diese Körper, so wichtig sie auch für die Pflanze sein mögen, zu classificiren und sie in ihren genetischen Beziehungen zu einander zu beleuchten, auch hat die Chemie ungeachtet ihrer Bemühungen in den letzten Decennien hierin noch ein grosses Feld unbebaut gelassen.

Ausser den bisher betrachteten stickstofffreien indifferenten Verbindungen, die Wasserstoff und Sauerstoff im Verhältnisse der Wasserbildung enthalten, und zu den wichtigsten und allgemein verbreiteten Substanzen des Pflanzenreichs gehören (Kohlenhydrate), sind noch solche zu nennen, in welchen Wasserstoff und Sauerstoff in andern Verhältnissen zum Kohlenstoffe hinzutreten, wie z. B. Anemonin ($C^{7}H^{6}O^{4}$), Quassiin ($C^{20}H^{25}O^{6}$), Salicin ($C^{26}H^{18}O^{14}$), Santonin ($C^{5}H^{6}O$), Senegin ($C^{22}H^{36}O^{11}$), Smilacin ($C^{9}H^{15}O^{3}$) u. s. w., oder die sich durch Reichthum an Wasserstoff auszeichnen, wie die ätherischen Oele, der Campher u. s. w. Diesen letzteren verdanken viele Pflanzen ihre besonderen Gerüche. Unter dieselben gehören die ätherischen Oele der Umbelliferen (Anisöl, Fenchelöl u. s. w.), der Labiaten (Rosmarinöl, Lavendelöl u. s. w.), der Compositen (Chamillenöl). Andern ätherischen Oelen

fehlt der Sauerstoff ganz, wie dem ätherischen Oele der Coniferen (Terpentinöl, Wachholderöl), der Aurantiaceen (Citronenöl, Bergamotöl), der Myrtaceen (Cajeputöl, Pimentöl). Viele dieser ätherischen Oele sind indessen nicht als Inhalt der Zellen, sondern als von den Zellen ausgeschiedene Secretionssubstanzen zu betrachten.

Die nicht indifferenten stickstofffreien organischen Verbindungen bilden die Pflanzensäuren, darunter die Kohlensäure (CO_2), Kleesäure (C^2O^3+HO), Weinsäure ($C^8H^8O^{10}+2HO$), Apfelsäure ($C^8H^8O^8+2HO$), Citronensäure ($C^{12}H^5O^{11}+3HO$), Pelargonsäure ($C^{18}H^{17}O^3+HO$), Gerbsäure ($C^{54}H^{19}O^{31}+3HO$) u. s. w. die genanntesten sind. Sie kommen entweder frei im Safte der Pflanzen oder mit Basen als lösliche oder unlösliche Salze vor, und bilden einen nie fehlenden Bestandtheil säuerlicher und unreifer Früchte. Dass sich z. B. aus Gerbsäure Zucker entwickeln kann, hat Strecker nachgewiesen.

Sehr verbreitet sind die fetten Oele in den Pflanzen als Inhalt der Zellen, wo sie bald grössere Tropfen bilden, bald als Emulsionen sich dem Auge entziehen. Alle Pflanzenfette sind im Alkohol und Aether bald mehr bald weniger, dagegen leicht in ätherischen Oelen löslich. Mit Alkalien bilden sie Seifen. Viele Samen von Pflanzen, z. B. der Cruciferen, Papaveraceen, der Compositen enthalten fette Oele in grosser Menge, eben so die Fruchthüllen der Oleineen, Palmen u. s. w., seltener Knollen (Cyperus esculentus). Von nicht geringerer Bedeutung ist das Wachs, welches unter vielerlei Form und Beschaffenheit als Inhalt der Zellen und als Absonderungsproduct vorkömmt. In den Zellen kommt es sehr verbreitet mit dem Chlorophyll vermengt, selten in klebrigen, ungeformten oder kugeligen Massen vor (Balanophoreen).

Unter den stickstoffhaltigen Verbindungen spielen einige und zwar die indifferenten eine ungleich wichtigere Rolle als die in Form organischer Basen erscheinenden Alkaloide. Die ersteren sind aufgelöst oder halbflüssig in Form eines körnigen Schleimes in den Pflanzenzellen. Die Protoplasmasubstanz so wie der Inhalt des Kernbläschens besteht grösstentheils daraus. In allen

jungen in Bildung begriffenen Pflanzentheilen sind die gedachten Stickstoffsubstanzen in grösserer Menge vorhanden.

Die Chemie hat in diesen indifferenten Körpern vier besondere Verbindungen abgeschieden, nämlich das Pflanzencasein (Legumin), das Pflanzenalbumin, das Pflanzenfibrin (coagulirtes Eiweiss) und den Pflanzenleim, ersteres vorzüglich in Hülsenfrüchten, das zweite in allen Pflanzensäften, das Pflanzenfibrin und der Pflanzenleim in den Samen der Cerealien. Diese vier Körper sind Verbindungen, in welchen man Schwefel (S) und zuweilen auch Phosphor (P) unoxydirt gefunden hat. Sie zeigen unter einander in chemischer Beziehung die grösste Aehnlichkeit. Früher nahm man in allen einen gemeinschaftlichen Hauptbestandtheil an, der den Namen Proteïn führte, wesshalb diese bisher noch so wenig gekannten Körper Proteïnsubstanzen genannt wurden.

Man erkennt das Vorhandensein dieser stickstoffhältigen Substanzen in den Zellen durch die dunkelgelbe Färbung, welche Jod, und durch die gelbrothe Farbe, welche concentrirte Salpetersäure hervorbringt.

Die Alkaloide sind Pflanzenstoffe, die sich den mineralischen Alkalien, von denen sie übrigens ganz verschieden sind, durch die Eigenschaft anschliessen, sich zu organischen und unorganischen Säuren wie Basen zu verhalten, mit ihnen Verbindungen einzugehen und Salze zu bilden.

Sie bestehen aus Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff und Kohlenstoff, und sind durch ihren häufig bitteren Geschmack, ihren Stickstoffgehalt und einen grossen Reichthum an Kohlenstoff ausgezeichnet.

Die Zahl der bekannten unzweifelhaften so wie der zweifelhaften Pflanzenalkaloide ist nicht gering. Es ist zu vermuthen, dass jeder ausgezeichneten Pflanzenfamilie auch ein oder mehrere dieser Alkaloide zukommen. Beispielsweise führe ich die bisher bekannten Pflanzenalkaloide der Familie der Rubiaeen an. Sie sind Chinin ($C^{40}H^{25}N^{3}O^{10}$), Cinchonin ($C^{20}H^{24}N^{2}O$), Emetin ($C^{37}H^{4}N^{2}O^{10}$), Aricin, Cinchotin, Pitoyin, Chiooccin, Chinovin.

§. 56. Sehr häufig kommen in den vegetirenden Zellen der Pflanzen krystallinische Bildungen vor, die theils einfache Krystalle, theils Krystallgruppen bilden. Sie sind unlösliche Salze, deren Basis Erden, deren Säuren theils organische theils unorganische Säuren darstellen.

Fig. 29.



Es wird wenige der vollkommeneren Pflanzen geben, die nicht in einzelnen Zellen ihres Gewebes Krystalle enthalten. Viele Monocotyledonen und zwar Aroideen, Liliaceen, Irideen, Musaceen, Scytamineen u. s. w. und von den Dicotyledonen, die meisten Moreen, Urticaceen, Chenopodeen, Polygoneen, Caryophyllaceen, Cacteen u. s. w. sind durch grosse Mengen von Krystallen, besonders in den Blättern und in der Rinde des Stammes und im Marke ausgezeichnet.

Sie kommen nur in sphäroidischen und polyëdrischen Zellen, selten in etwas gestreckten Zellen vor. Man unterscheidet lange prismatische an den Enden zugespitzte Krystalle, sogenannte spissige Krystalle (Raphiden) und Krystalle, die zu dem rhomboëdrischen, tessularen und pyramidalen Systeme gehören. Erstere sind selten einzeln, *(Fig. 29)* sondern meist in grosser Menge neben einander liegend in cylindrischen Zellen vorhanden, die andern sind zwar ebenfalls einzeln, aber noch viel häufiger zu grösseren oder kleineren Gruppen vereinigt *(Fig. 30)*. In der Regel liegen alle Krystalle frei im Raume der Zelle, ausnahmsweise und zwar bei Humulus, Canabis, Urtica, Morus, Ficus u. s. w. finden sich an der oberen Blattseite Zellen, wo die Kry-

Fig. 29. Ein prismatischer Krystall in einer cylindrischen Zelle aus dem Blatte von *Iris pallida*. Seine Länge beträgt 0,15''', die Breite 0,004'''. Er besteht aus schwefelsaurem Kalk. Vergr. $^{240}/_{1}$.

Fig. 30.

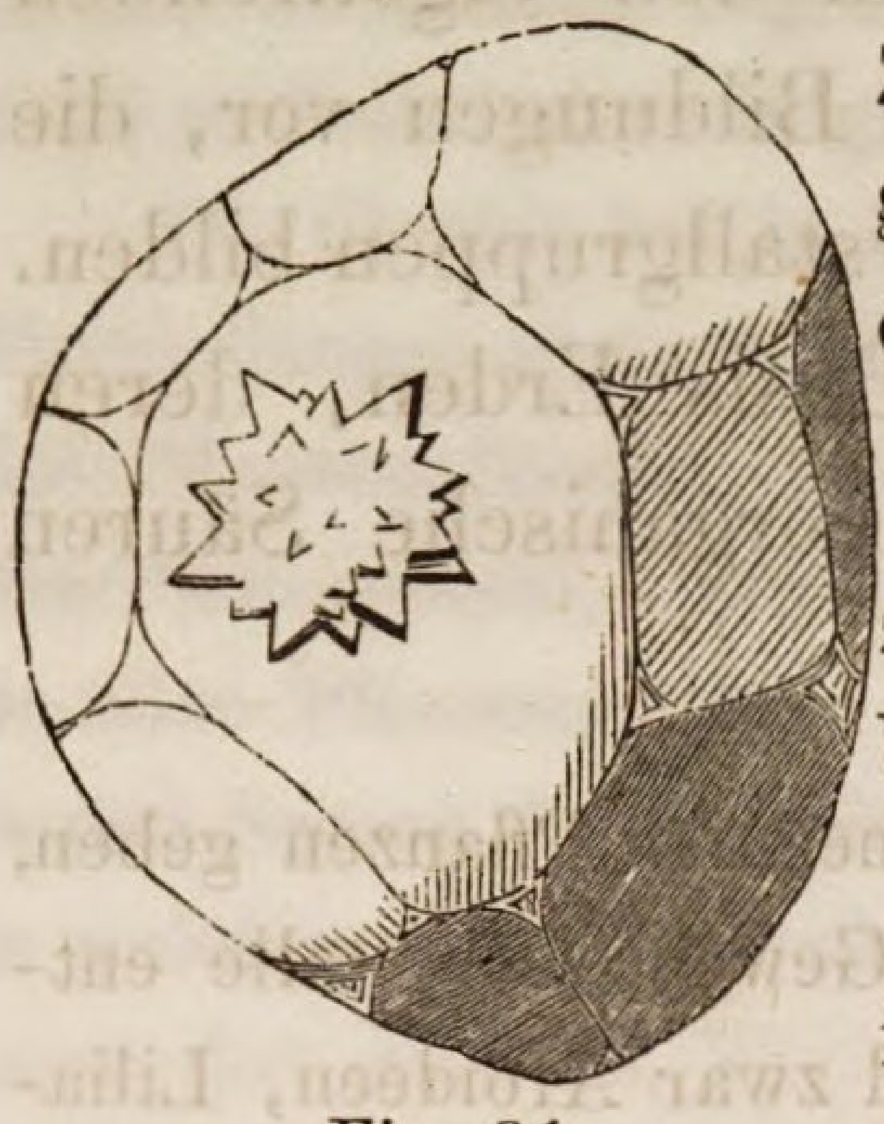
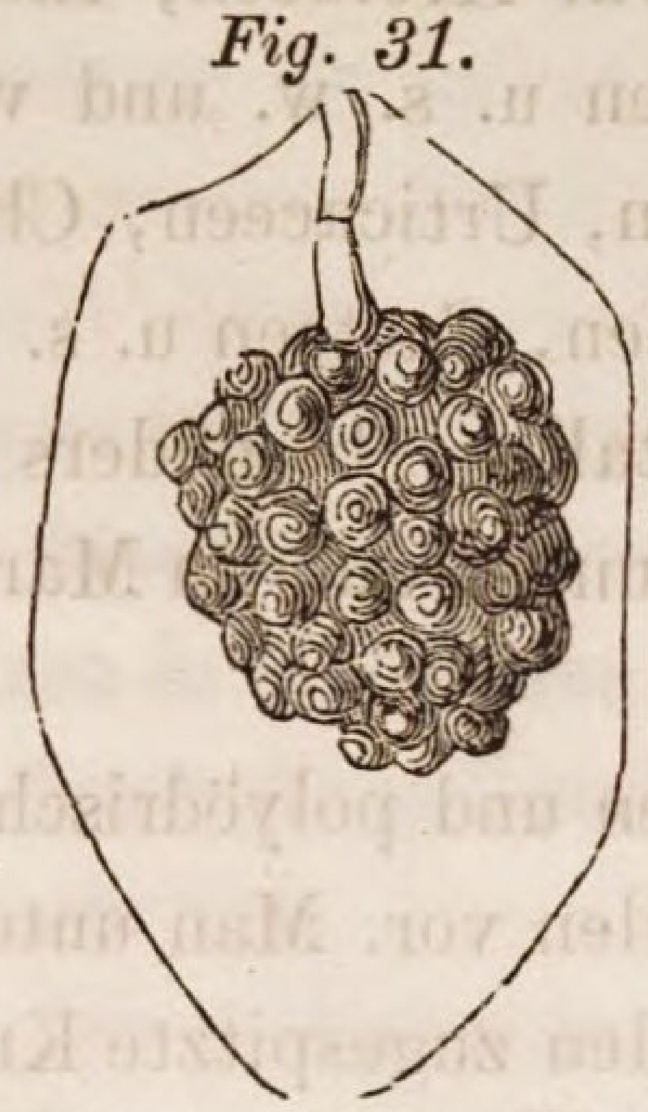


Fig. 31.



stalle an einem eigenen aus der inneren Zellwandung entspringenden zapfenförmigen Gebilde in Form einer Druse aufsitzen. (*Fig. 31.*)

Wegen ihrer Kleinheit sind die Pflanzenkrystalle krystallographisch kaum zu bestimmen.

Mit nicht geringeren Schwierigkeiten ist ihre chemische Analyse verbunden, da sie sehr schwer in grösserer Menge für diese Untersuchung zu sammeln sind. Am häufigsten dürften die Krystalle aus kleesaurem Kalke (Cactus, Rheum), ferner aus kohlensaurem, schwefelsaurem Kalke (Musaceen, Scytamineen), phosphorsaurem und weinsaurem Kalke (Cactus) bestehen. Nebst dem Kalke hat sich auch Magnesia als Basis einiger Krystalle gezeigt.

F. Unger, Ueber Krystallbildungen in den Pflanzenzellen. (Ann. d. Wiener Museums. I. 1844.)

Payen, Mémoires sur les dévéloppements des végétaux. 1844.

Schmidt, Entwurf einer allgemeinen Untersuchungsmethode der Säfte und Excrete der thierischen Organismen. 8.

Will und Fresenius, Untersuchungen über die unorganischen Bestandtheile der Vegetabilien. Ann. der Chemie u. Pharm. Bd. 150, p. 363.

J. Meyen, Beiträge zur Bildungsgeschichte verschiedener Pflanzentheile. Archiv für Anatomie und Physiologie von Müller. 1839, p. 255.

M. J. Schleiden, Grund. d. w. Bot. 2. Aufl. Bd. I. p. 329.

Fig. 30. Eine isolirte polyëdrische Zelle aus dem Stengel von *Chenopodium viride*, mit einer in ihrem Innern befindlichen Krystallgruppe. Vergr. $^{170}/_{1}$.

Fig. 31. Isolirte Zelle aus der obern Blattseite von *Ficus elastica*, mit vielen, an der Oberfläche eines zapfenförmigen Gebildes befindlichen Krystallen. Vergr. $^{270}/_{1}$.

§. 57. Von der grössten Wichtigkeit für das Leben und den fortdauernden Stoffwechsel der Zellen sind noch eine grosse Menge einfacher Körper, die in binären und ternären Verbindungen theils aufgelöst, theils in unbestimmbaren Massen gestaltet vorkommen, oder in die Bildung anderer organischer Bestandtheile und namentlich der Membranen eingehen. Hieher gehören ausser dem bereits genannten Sauerstoffe (Orygenium O), Wasserstoffe (Hydrogenium H), Kohlenstoffe (Carbonium C), Stickstoffe (Nitrogenium N), Chlor (Cl), Brom (Br), Jod (J), Fluor (Fl), Schwefel (Sulphur S), Phosphor (P), Silicium (Si), Kalium (K), Natrium (N), Calcium (Ca), Magnium (Mg), Alumnium (Al), Manganium (Mn), Eisen (Ferrum Fr), Zink (Zinkum Zk), Kupfer (Cuprum Cu).

Die Anzahl der den Pflanzenkörper zusammensetzenden einfachen Stoffe ist zwar gross (20), jedoch immerhin im Verhältnisse der bis jetzt bekannten einfachen Körper sehr beschränkt. Es sind nämlich davon alle jene Körper ausgeschlossen, welche für sich oder deren Verbindungen mit anderen Stoffen im Wasser nicht löslich sind. Es ist jedoch keinem Zweifel unterworfen, dass nicht noch mehrere einfache Stoffe im Pflanzenreiche ermittelt werden. Wie das Zink erst kürzlich in dem Galmeiveilchen (Viola calaminaria Lejeune) entdeckt wurde, so dürfte das mit dem Chrom, Nickel und anderen eben so der Fall sein.

In der Regel kommt keiner von den genannten einfachen Stoffen frei, sondern nur in Verbindung mit andern vor. Am häufigsten treten Verbindungen der ersten drei und vier Stoffe, welche die meisten näheren Bestandtheile oder organischen Verbindungen der Pflanzen constituiren, ferner binäre Verbindungen von Oxygen mit den übrigen Stoffen auf, wodurch Oxyde und Säuren entstehen.

Unter den übrigen Körpern kommen einige häufiger, andere seltner vor. Chlor, Jod und Brom sind nur ausnahmsweise und zwar in solchen Pflanzen gefunden worden, die vermöge ihres Standortes sich derselben leicht bemächtigen können, wie Strand-, Steppen- und Meerespflanzen, Zink nur an einer Pflanze, die auf galmeihältigem Boden wächst. Fluor, bisher nur im Getreide (Gerste) aus der französischen Schweiz gefunden, ist wahrscheinlich viel mehr verbreitet. Häufiger ist wohl Schwefel und Phosphor vorhanden, namentlich in Verbindung von Proteïn in den Samen der Pflanzen. Mangan und Eisen ist ein nicht ungewöhnlicher Bestandtheil der Pflanzen, besonders das letztere, eben so fehlen Calcium und Magnium wenigen Pflanzen. Am häufigsten ist jedoch unstreitig Silicium, Aluminium, Kalium und Natrium verbreitet. Der grössere Theil der Asche, welche beim Verbrennen der Pflanzen zurückbleibt, besteht aus diesen Körpern.

Alex. Braun, Ueber das Vorkommen von Zink im Pflanzenreiche. Bericht über die zur Bekanntmachung geeignete Verhandlung der kön. preuss. Akademie der Wissensch. 1854, p. 12.

IV. Abschnitt.

Von der Entstehung und Fortpflanzung der Zellen.

§. 58. Die Bildung der Zellen kann nur auf eine zweifache Weise vor sich gehen, entweder durch Vermittlung bereits gebildeter Zellen oder ohne dieselbe. Will man die letzte primäre oder originäre Zellbildung nennen, so kann die erste nicht anders als secundäre Zellbildung genannt werden. Eine originäre Zellbildung ist bisher noch nicht beobachtet worden.

Bei der Frage über die Entstehung der vegetabilischen Zelle kann die Frage über die Möglichkeit der Entstehung derselben ohne Dazwischenkunft bereits vorhandener Zellen aus der alleinigen Wirkung der sie bildenden einfachen Stoffe nicht übergangen werden.

So sehr man noch vor einigen Decennien geneigt war, den Kräften der einfachen Stoffe ein solches Bildungsvermögen zuzugestehen, so haben sich jedoch bei genauerer Ermittlung der scheinbar dafür sprechenden Thatsachen die Stimmen für das Gegentheil vereinigt.

Das Wasser, selbst vollkommen reines, mit der von demselben nie ganz zu trennenden atmosphärischen Luft, enthält alle Stoffe, welche zur Bildung der vegetabilischen Zelle nothwendig sind, und demnach entsteht selbst unter den günstigsten Verhältnissen in und aus demselben auch nicht die einfachste vegetabilische Zelle. Alle die Thatsachen, worauf sich die Theorie einer generatio originaria stützte, beruhen auf mangelhafter Beobachtung und ungenauen Versuchen. Im Gegentheil hat die Erfahrung gelehrt, dass die Fortpflanzungszellen jener Gewächse, welche überall so leicht, selbst im destillirten Wasser erscheinen, wie z. B. die von vielen Pilzen und mehreren Algen, eine ausserordentliche Verbreitung besitzen, und dass es bei genauen zu diesem Zwecke angestellten Versuchen immer sehr schwer hält, die Beobachtungsstelle von diesen Eindringlingen frei zu halten.

Mit der Abweisung der originären Zellbildung als einer beobachteten Thatsache ist freilich die Frage noch nicht entschieden, ob ein solcher allgemeiner Bildungsact nicht unter gewissen von uns noch nicht gekannten und geahnten Verhältnissen, ob er nicht vielleicht nur in grösseren Zeiträumen und an bestimmte Weltperioden sich knüpfend auftritt. Aber auch dieser Vermuthung sprechen die bisherigen paleontologischen Studien nicht das Wort, so dass also dieser actus naturae nur auf Eine Periode, ja wahrscheinlich nur auf Einen Zeitmoment beschränkt war, wodurch die erste vegetabilische Zelle hervorgebracht wurde, von der alle übrigen abstammen.

F. Unger, Mikroskopische Untersuchungen des atmosphärischen Staubes von Grätz. Sitzungsbericht der kais. Akad. d. Wissensch. III. p. 230.
Idem, Beiträge zur Kenntniss der niedersten Algenformen, nebst Versuchen ihre Entstehung betreffend. Denkschrift der kais. Akad. d. Wissensch. Bd. 7, p. 185.

§. 59. Die durch bereits gebildete vegetabilische Zellen vermittelte Entstehung von Zellen kann in doppelter Art stattfinden. Es tritt entweder die Zelle in ihrer vollen Integrität als Bildungsgrund auf, oder es sind mehr oder weniger selbstständig gewordene Theile derselben, welche die Bildung neuer Zellen vermitteln.

Im ersten Falle wirkt die Zelle als Fortpflanzungsorgan und das Erzeugte ist der Mutterzelle gleich (generatio homomorpha); im letzteren Falle ist es ihr nur ähnlich (generatio heteromorpha). Während das erstere ein physiologischer Prozess ist, kann das letztere ein pathischer Prozess genannt werden.

Es ist eine bekannte Sache, dass aus Pflanzen gepresste Säfte, d. i. der flüssige Zellinhalt, auch in vollkommener Trennung von den Zellen, in welchen er vorkommt, zur Bildung von Zellen (Gährungspilze) Veranlassung gibt. Aus den Untersuchungen von Karsten (Botan. Zeitung 1848. p. 457) geht hervor, dass es kleine Körnchen (?) sind, aus welchen sich Zellen, die den Mutterzellen des Saftes keineswegs gleichen und vielmehr als Pilzformen unter dem Namen Saccharomyces pomorum u. s. w. erkannt wurden, bilden.

Viel häufiger gehen ähnliche Bildungen noch im Innern der Zellen oder in von Zellen ausgeschiedenen Substanzen vor sich; die Entstehung vielerlei Pilzformen, welche im Gewebe der Pflanzen, besonders aber in deren äusseren Schichten vorkommen (Entophyten), ist eine Thatsache, welche zahlreiche und genaue Untersuchungen ausser Zweifel gestellt haben.

Es gehört die Bildungsschichte derselben und die Erkenntniss der Bedingungen ihrer Bildung in das Bereich der Pathologie, um so mehr, als durch sie eine Verkümmerung, ja selbst der Tod jener Pflanzentheile herbeigeführt wird, die ihren Sitz bilden. Man kann also den Grundsatz aufstellen, dass die heteromorphe Zellbildung immer als ein Abweg von der normalen oder homomorphen Zell-

bildung erscheint, und in einer Anomalie des Zelllebens seinen Grund hat.

Folgt man indess der im vorhergehenden Paragraphen angedeuteten Spur, nach welcher die Verschiedenheit der gegenwärtigen vegetabilischen Schöpfung als ein Werk der Fortpflanzung Einer ursprünglichen Zelle höchst wahrscheinlich gemacht wurde, so haben wir in der Veränderung der durch Fortpflanzung erzeugten Zellen allerdings einen Massstab, den wir auch an jenen Weltvorgang anlegen können; der Unterschied bestände nur darin, dass jener pathologische Prozess vom Vollkommneren auf das Unvollkommnere, jener historische Gang jedoch umgekehrt bis jetzt immer noch vom Unvollkommnen zum Vollkommneren führt. Zwar haben die neueren Untersuchungen Tulasne's und de Bary's über die Brandpilze zu dem Resultate geführt, dass auch sie wie alle Pflanzen nur aus vorgebildeten Zellen (Sporen) entstehen, deren Keime von aussen in das Gewebe der Pflanzen dringen, und sich da entwickeln sollen; ich kann jedoch diese Ansicht nicht theilen, und muss nach wiederholten Untersuchungen bei meiner früher nachgewiesenen Behauptung verharren, und allen diesen Pflanzen die Erzeugung aus einer homogenen bildungsfähigen Substanz, die entweder Inhalt der Zelle ist oder nach aussen abgeschieden wird, beilegen.



Fig. 32.

Die zur Seite stehende *Fig. 32* zeigt uns das Innere einer Epidermiszelle eines Fruchtknotenauswuchses von Zea Mays, der den Maysbrand (Ustillago Maydis) hervorbringt. An der untern Seitenwand hat sich bereits eine verzweigte Zelle gebildet, die in ihrer weiteren Entwicklung die Mutterzelle ganz erfüllt und mit der Bildung neuer Fortpflanzungszellen (Sporen) endet. Die *Fig. a, b, c, d* stellen die allmälige Entwicklung solcher heteromorpher Zellen dar.

J. Meyen, Ueber die Entwicklung des Getreidebrandes in den Mayspflanzen. Archiv f. Naturg. v. Wiegmann. 1837. Bd. I. p. 419.
F. Unger, Die Exantheme der Pflanzen u. s. w. 1833.
Idem, Beiträge zur vergl. Pathologie. 1840.
Anton de Bary, Untersuchungen über die Brandpilze etc. 1853.
L. R. u. Ch. Tulasne, Mémoire sur les Ustilaginées comparées aux Uredinées. Ann. d. scienc. nat. 1847, p. 12—127.
Reissek, Ueber Entophyten der Pflanzenzelle. Haiding. naturwissensch. Abhandl. Bd. I.
C. Nägeli, Botanische Beiträge. 7) Pilze im Innern von Zellen. Linnaea, 1842.
H. Schacht, Die Pflanzenzelle etc. p. 138.

§. 60. Die Zelle als Fortpflanzungsorgan (Mutterzelle) bringt neue Zellen (Tochterzellen) auf mehrfache Weise hervor. Dieselben entstehen frei im Innern der Zelle aus Theilen des Inhalts ohne unmittelbare Dazwischenkunft der Zellmembran, oder die letztere nimmt daran gleichfalls wesentlichen Antheil, wodurch der ganze Inhalt, getheilt in die neuen Zellen, übergeht. Man nennt erstere freie Zellbildung, letzte Zellbildung durch Theilung (merismatische Zellbildung).

Die Bildung neuer Zellen im Pflanzenreiche geht auf dem regelmässigen normalen Wege keineswegs, wie man sich es vorgestellt hat, in einer und derselben Weise vor sich. Es scheint, dass der Hauptunterschied im Bildungsvorgange mit der späteren Dignität der Zelle im Zusammenhange steht, ohne von dieser bedingt zu sein. So weit unsere bisherigen Erfahrungen gehen, sehen wir einmal die jungen Zellen frei im Inhalte der älteren Zelle in einer unbestimmten Anzahl hervorgehen. Nicht der ganze Inhalt der Mutterzelle, sondern nur ein Theil desselben wird dabei zum Inhalt der Tochterzellen, der übrige bleibt als Rest unverwendet. Die Membran der Mutterzelle nimmt bei Bildung der Membran der Tochterzellen keinen unmittelbaren Antheil, und erhält sich in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit so lange sie besteht.

Ganz anders geht die Bildung der jungen Zellen bei der Zellbildung durch Theilung vor sich. Hier wird nicht ein Theil, sondern der ganze Inhalt der producirenden Zelle in das Product der entstandenen Zellen übergeführt und es bleibt dabei nichts unverwendet übrig. Dabei nimmt aber auch die Zellmembran der Mutterzelle bei Bildung der Membran der Tochterzellen in der Art Antheil, dass diese häufig nur als Fortsetzung jener erscheint.

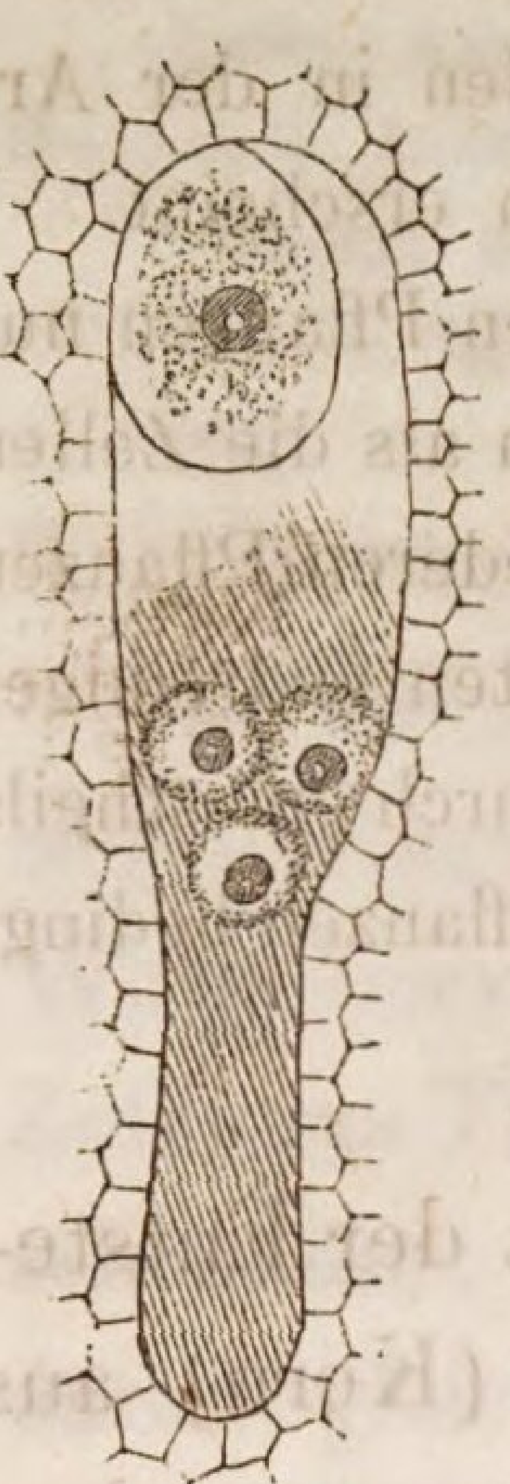
Die freie Zellbildung kommt bei allen höheren Pflanzen nur im Embryosacke vor, wo sowohl das Keimbläschen als die Zellen des Endosperms auf diese Weise entstehen. Bei niederen Pflanzen finden wir sie auf die Bildung der Sporen von Flechten und einiger Algen und Pilzen beschränkt. Alle Zellbildung, wodurch einestheils die Vermehrung, anderntheils das Wachsthum der Pflanzen bedingt ist, geht durch merismatische Zellbildung vor sich.

§. 61. Die freie Zellbildung beginnt mit der Entstehung eines festen kugelförmigen Körpers (Kern) aus dem flüssigen Protoplasma, der von diesem umgeben sich durch Bildung einer stickstoffhaltigen Membran (Primordialschlauch) mit darauffolgender Celluloseschichte nach aussen abgrenzt.

In allen Fällen, wo wir freie Zellbildung wahrnehmen, ist es die Bildung des Zellkerns, welcher der Entstehung der Zelle vorausgeht. Aus dem Protoplasma der Mutterzelle häufen sich an einem Puncte feste Substanzen an, und bilden einen mehr oder weniger kugelförmigen im Zellsafte schwimmenden Körper, welcher seiner Organisation nach noch kaum als Zellkern bezeichnet werden kann. Dieser Kern, um welchen sich Protoplasma sammelt, wird bald von einer scharf begrenzten zarten Haut, dem Primordialschlauche, umgeben und es ist damit die erste Anlage der jungen oder Tochterzelle gegeben. Wahrscheinlich folgt die Ausscheidung der Cellulosemembran unmittelbar darauf, womit die Individualisirung der Tochterzelle vollendet ist. Bei den krypto-

gamischen Pflanzen ist eine solche Mutterzelle das Sporangium, bei den phanerogamen der Embryosack, und die in denselben entstandenen Zellen sind immer in einer nicht unbedeutenden Anzahl vorhanden.

Fig. 33.



In dem sehr jungen Sporangium von Parmelia subfusca sieht man in dem körnigen Zellinhalte (Protoplasma) nur transitorische Schleimbläschen gebildet. Bei dem etwas weiter fortgeschrittenen Sporangium erscheinen bereits mehrere Zellen vollkommen gebildet.

In dem Embryosacke von Crepis biennis *(Fig. 33)* sind eine vollständig gebildete und drei noch unvollständig ausgebildete Tochterzellen vorhanden, von denen die letzteren an Alter gleich, noch keine Membran zu besitzen scheinen. In allen vieren ist der Zellkern deutlich, in der obern selbst mit einem Kernkörperchen versehen. Ausserdem befindet sich in derselben Mutterzelle noch unverwendetes Protoplasma. Je zahlreichere Tochterzellen in einer Mutterzelle entstehen, desto kleiner sind sie im Verhältniss zu dieser.

In seltenen Fällen geht aus Einer Mutterzelle, ja selbst aus zweien mit einander verschmelzenden Mutterzellen (Copulation) nur eine Tochterzelle hervor, die ihren ganzen Inhalt in Anspruch nimmt.

Die Tochterzelle ist von der Mutterzelle nur durch die neue den Inhalt der letzteren umgrenzende Membran unterschieden (Sporen und Pollenzellen), und es wird dabei nun die Zellmembran der Mutterzellen überflüssig und zerstört. Zuweilen geht jedoch die Bildung solcher Tochterzellen innerhalb der Mutterzellen nur unvollständig vor sich, und die frei werdende Tochterzelle erhält erst ausserhalb derselben ihre Celluloseschichte (Schwärmzellen).

Fig. 33. Embryosack von *Crepis biennis*, mit mehreren, auf verschiedenen Stufen der Ausbildung befindlichen Zellen. Vergr. $^{350}/_{1}$.

§. 62. In der Zellbildung durch Theilung lassen sich mehrere von einander verschiedene Bildungsarten unterscheiden. Die Inhaltsportionen der Tochterzellen werden von der Mutterzelle 1. durch neugebildete Membranen, 2. durch Einfaltung oder Einstülpung, 3. durch Einschnürung der bereits vorhandenen Membran geschieden. Hierauf bezieht sich die Bezeichnung 1. der wandständigen Zellbildung, 2. der Zellbildung durch Einstülpung und 3. der Zellbildung durch Abschnürung.

Die wandständige Zellbildung und die Zellbildung durch Einstülpung haben in ihrer äusseren Erscheinung so viel Gemeinsames, dass es ohne genauere Untersuchung schwer hält, beide von einander zu unterscheiden. Bei beiden theilt sich die Mutterzelle durch Scheidewände in zwei oder mehrere Abtheilungen, bei beiden gehen dieser Scheidung des Zellinhaltes dieselben Erscheinungen voraus und folgen ihr, und der Unterschied liegt nur darin, dass die Wandbildung, d. i. die vollkommene Individualisirung der Tochterzellen bei der einen anders als bei der andern vor sich geht. Allerdings hat es bei diesem Theilungsvorgang den Anschein, als ob die Mutterzelle dabei in ihrer Integrität verharre und nur durch Zwischenwände in Kammern zerfalle, die sich allmälig bis zur Grösse der Mutterzelle ausdehnen. Die Sache ist jedoch nicht so, und in beiden Fällen gibt die Mutterzelle nur das Material für die neuen Zellen her, ohne dass sie selbst fortzubestehen fortfährt.

Auch hier wird in beiden Fällen die Entstehung der Tochterzellen durch Bildung von Zellkernen eingeleitet. Zuerst wird der Zellkern der Mutterzelle resorbirt, aus der bildungsfähigen Protoplasmamasse treten aber bald darauf neue Kerne hervor, in Zahl und Lage den Tochterzellen entsprechend. Nur in seltenen Fällen scheint dieser einleitende Vorgang zu fehlen.

Die Scheidewandbildung geht bei der wandständigen Zellbildung auf folgende Weise vor sich. Aus dem urplötzlichen Entste-

hen derselben in der Mutterzelle, die früher keine Spur davon enthält, lässt sich schliessen, dass der Primordialschlauch derselben nicht fortbesteht, sondern aufgelöst und sogleich zur Bildung der Primordialschläuche der Tochterzellen verwendet wird. Da der ganze Inhalt der Mutterzelle zum Inhalte der Tochterzellen wird, so kommt ein grosser Theil des Primordialschlauches der Tochterzellen an die Stelle des Primordialschlauches der Mutterzelle zu liegen, und nur dort, wo die Tochterzellen an einander stossen, berühren sich ihre zarten Wände, die demnach vereint die erste Spur einer Scheidewand darstellen. Doch dabei scheint es nicht lange zu bleiben, da gleich darauf die Abscheidung der Cellulosemembran erfolgt, die als doppeltes Blatt die Scheidewand verdickt, an der Begrenzung der Mutterzelle aber wie eine neue Verdickungsschichte derselben erscheint. Alles dieses lässt sich kaum in den einzelnen Vorgängen gehörig unterscheiden, sondern vielmehr aus dem Gesammtvorgange als nothwendige Folgerung ableiten.

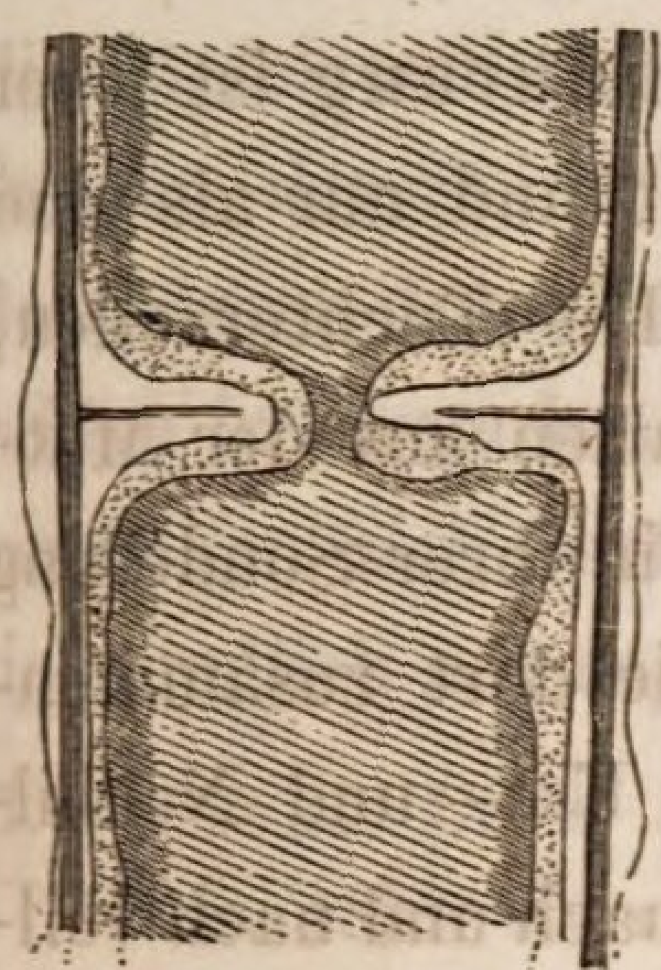
Die nun fertig gebildeten Tochterzellen sind anfänglich jederzeit in der Hülle der Mutterzelle eingeschlossen. Mit der Vergrösserung und ferneren Ausbildung derselben müsste diese nothwendig bersten, wenn nicht eine gleichzeitige Ausdehnung durch Umbildung und Verwendung für den Bedarf der Tochterzellen erfolgte. Erst mit dieser letzten Vertilgung aller Spur der Mutterzellen erlangen die Tochterzellen zwar anfänglich an einander geschlossen, aber mit dem Vermögen sich in der Folge immer mehr und mehr zu sondern ganz und gar die Eigenschaften ihrer Erzeugerin.

Die wandständige Zellbildung ist die im Gewächsreiche am häufigsten vorkommende. Aller Wachsthum des Pflanzenkörpers durch Zellvermehrung geschieht durch dieselbe. In Zellreihen wie z. B. bei einfachen Haaren oder in Zellflächen, wie in zarten Blättern, dem Thallus der Kryptogamen u. s. w. lässt sich diese Zellbildungsweise am leichtesten verfolgen.

Bei weitem einfacher ist der Vorgang der Zellbildung durch Einstülpung. Hier wird in der theilungsfähigen Mutterzelle der Primordialschlauch nicht aufgelöst, sondern er wächst oder ver-

grössert sich vielmehr, und da er ohne eingefaltet zu werden an der Wand derselben nicht Platz fände, so erfolgt die Bildung einer ringförmigen Falte zwischen die für die Tochterzellen bereits angedeuteten Inhaltsportionen. In diesem Zustande der beginnenden Scheidewandbildung finden wir zuweilen die sich fortpflanzende

Fig. 34.



b a c d

Mutterzelle bei Algen, Flechten u. s. w. Beistehende *Fig. 34* zeigt ein kleines Stück einer Spitzenzelle von Cladophora glommerata mittelst Schwefelsäure behandelt, wodurch sich von der Cellulosehaut *a* nach aussen die Hüllmembran *b* und nach innen der noch halb flüssige Primordialschlauch *c* absonderte. Bereits hat derselbe in der Mitte der Zelle schon eine kreisförmige Falte gebildet, welche den Zellinhalt *d* in zwei Portionen abzusondern anfing; auch ist man im Stande, die in der Falte liegende Cellulosescheidewand, die noch in Essigsäure leicht löslich ist, zu erkennen. Bald darauf erreicht die Einstülpung die Mitte der Zelle, die aneinanderstossenden Ränder vereinigen sich, und zwei Primordialschläuche mit ihrem Inhalte befinden sich nun abgesondert durch die gleichzeitig vollendete Schliessung der Cellulosescheidewand.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die anfänglich ringförmige Cellulosescheidewand von der Falte des Primordialschlauches gebildet als zwei noch innig vereinigte Blätter der entstehenden Tochterzellen erscheinen und wohl auch die Form einer Falte annehmen können. Mit der vollendeten Abschnürung ist zugleich die ganze Cellulosescheidewand entstanden und die Theilung der Mutterzelle in zwei Tochterzellen vollbracht.

Da jedoch auch hier die Celluloseschichte nicht von der eingefalteten Stelle allein, sondern von der ganzen Ausdehnung des Primordialschlauches abgesondert sein musste, so hat mit der

Fig. 34. Stück der Mutterzelle von *Cladophora glommerata*, mit der entstehenden Theilungswand. Vergr. $^{350}/_{1}$.

Scheidewandbildung auch die Cellulosehaut der Mutterzelle gewissermassen eine neue Schichte gewonnen, die hier eben so wie bei der wandständigen Zellbildung als Cellulosemembran der Tochterzellen anzusehen ist, wobei die Mutterzelle ähnlichen Umwandlungen und Schmelzungen unterworfen ist, die mit der vollständigen Individualisirung der Tochterzellen endet.

Fig. 35.



Die Zellbildung durch Abschnürung ist jener durch Einstülpung sehr verwandt und nur als eine Modification dieser anzusehen. Die Tochterzellen, auf dieselbe Weise durch Ringfalten aus der Mutterzelle hervorgegangen, gehen in ihrer Sonderung noch weiter, indem sie nicht wie dort zusammenhängend bleiben, sondern durch Um- und Neubildung der Cellulosemembran sich nach und nach vollkommen von einander trennen. Die Entwicklung der Hefezellen gibt hiefür ein sehr schönes Beispiel *(Fig 35)*. In allen diesen Fällen ist die Vergrösserung der Mutterzellen als unerlässliche Bedingung ihrer Fortpflanzung zu betrachten. Besonders ist die Vergrösserung bei der Theilung der Zellen der Desmidiaceen auffallend und durch besondere Neubildungen vermittelt *(Fig. 36)*. Auf gleiche Weise scheint auch die Ausbildung und Abschnürung der sogenannten Füllzellen

Fig. 36.

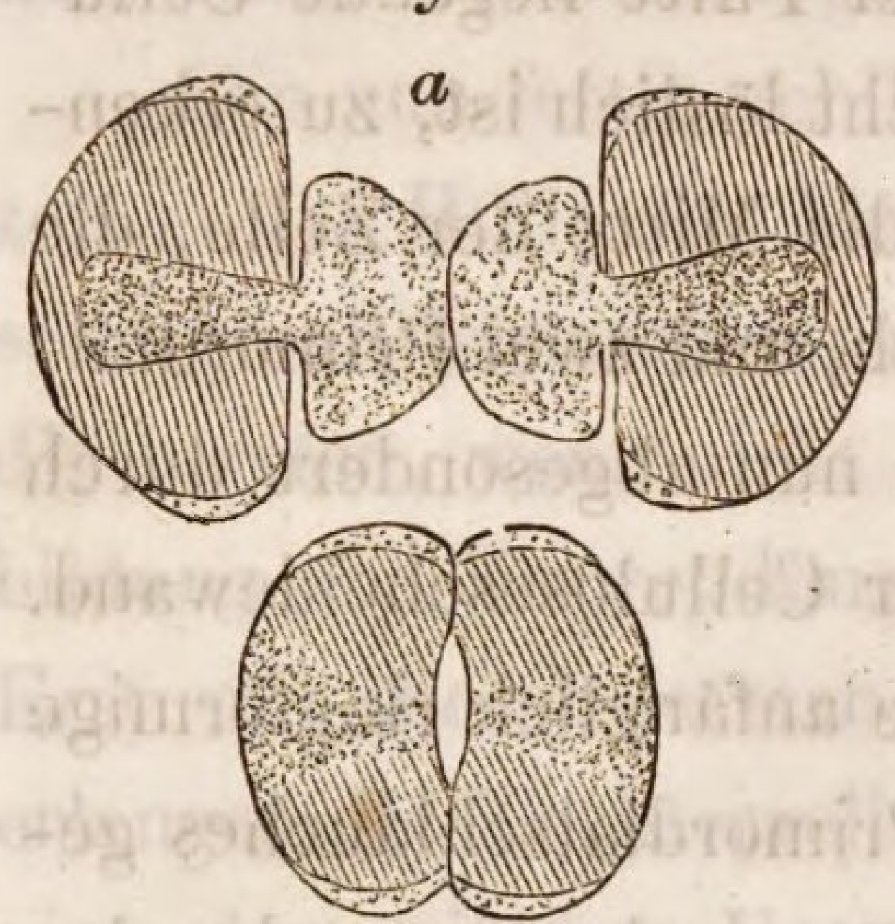
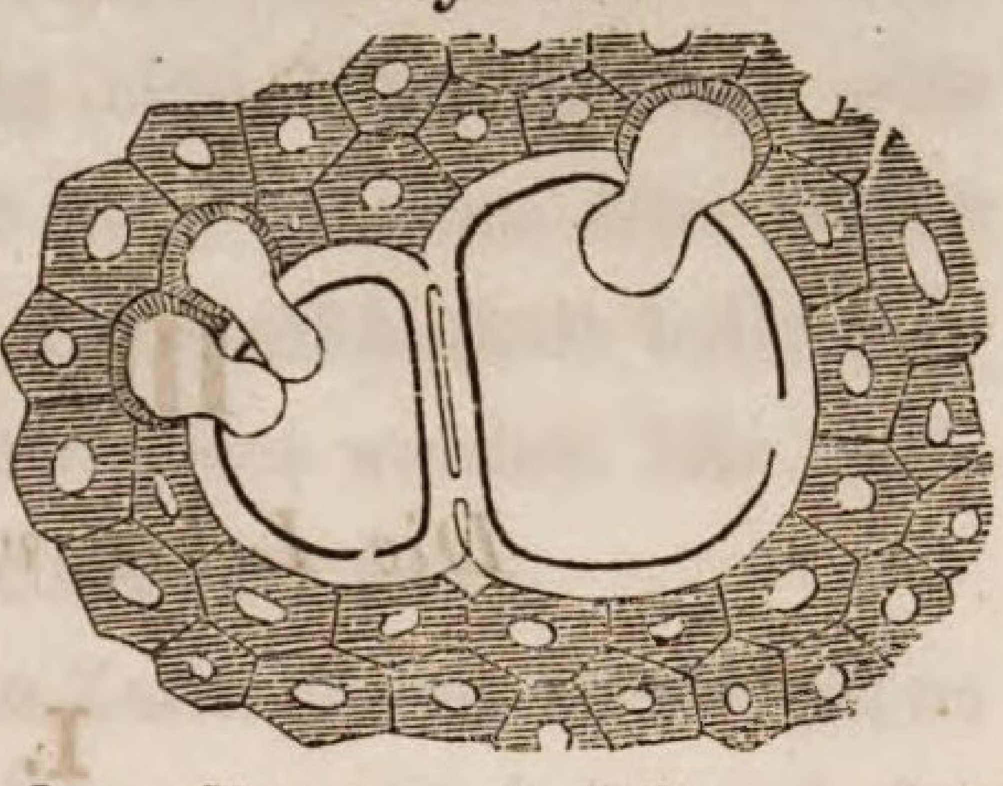


Fig. 35. Eine Hefezelle der Bierhefe *(Saccharomyces cerevisiae) a.* Dieselbe im gährenden Zuckerwasser nach 24 Stunden, in allen Stufen *b, c, d* bis zur gänzlichen Abschnürung der jungen Zelle *e.* Vergr. $^{1050}/_{1}$.

Fig. 36. Staurastrum orbiculare Ralfs. *a* in der Fortpflanzung begriffen, indem aus jeder der gesonderten, im Profile halbkreisförmigen Zelle ein ähnlicher Fortsatz hervortreibt, der nach und nach zur Grösse der Mutterzelle heranwächst und sich dann durch Theilung von dieser abschnürt: *b.* Vergr. $^{1050}/_{1}$.

Fig. 37



(Thyllen), welche die alternden getüpfelten Spiralgefässe mancher Pflanzen zuweilen ganz vollstopfen, vor sich zu gehen. Die selbst noch in einer späteren Zeit bildungsfähigen Zellen, welche die Gefässe umgeben, sprossen durch die Tüpfelcanäle und zwischen die Windungen der Spiralfaser in das Lumen derselben und dehnen sich dort durch Intussusception zu blasenförmigen Erweiterungen aus, bilden in ihrem Innern Zellkerne mit abgeschlossener Saftströmung, verdicken sich, entwickeln später Amylum u. s. w. und schnüren sich endlich am engsten Theile vollständig ab.

H. v. Mohl, Ueber die Vermehrung der Pflanzenzellen durch Theilung. Diss. 1835. Verm. bot. Schriften p. 623.

Idem, Ueber die Entwicklung der Sporen von Anthoceros laevis. Linnaea, 1839. Verm. bot. Schriften p. 84.

F. Unger, Ueber merismatische Zellbildung bei Entwicklung der Pollenkörner. Bericht der Versammlung der Naturforscher zu Grätz.

Idem, Linnaea 1840 p. 402.

Idem, Botan. Zeitung 1844 p. 489.

Ein Ungenannter, Ueber die zellenartigen Ausfüllungen der Gefässe. Bot. Zeitung 1845. Stck. 14, 15.

C. Nägeli, Zellenkerne, Zellenbildung und Zellenwachsthum bei den Pflanzen. Zeitschr. f. wissensch. Bot. 1846. III. p. 49.

Idem, Entwicklungsgeschichte der Pollenkörner. 1842.

W. Hofmeister, Entwicklung des Pollens. Botan. Zeitung. 1848 p. 654.

N. Pringsheim, Untersuchungen über den Bau und die Bildung der Pflanzenzelle. 1854. 4.

Fig. 37. Querschnitt aus einem einjährigen Triebe von *Vitis vinifera*. Vergr. $^{1050}/_{1}$. In die zwei an einander liegenden einfachen Spiralgefässe wachsen drei Holzzellen und haben bereits die Gefässwand durchbohrt.

III. Hauptstück.

Die Lehre von den Zellcomplexen.

I. Abschnitt.

Von den Zellfamilien.

§. 63. Die wenigsten Pflanzen bestehen aus einer einzigen Zelle, sondern aus einer Vielheit derselben. Sie alle zusammen bilden einen Complex, der nach der Art der Vereinigung derselben in verschiedene Kategorien zerfällt.

§. 64. Wir unterscheiden in den Zellcomplexen drei von einander wesentlich verschiedene Formen, die wir mit den Namen 1. Zellfamilie oder Zellcolonie, 2. Zellgewebe und 3. Zellfusion bezeichnen.

§. 65. Die Zellfamilie ist ein Complex von Zellen, deren Vereinigung nicht bleibend, sondern von vorübergehender Dauer ist. Die auf eine kurze Zeit vereinigten Zellen lösen sich im natürlichen Gange ihrer Entwicklung von einander und stellen dann Einzelheiten dar. Auch solche Pflanzen kann man im weiteren Sinne noch einzellig nennen.

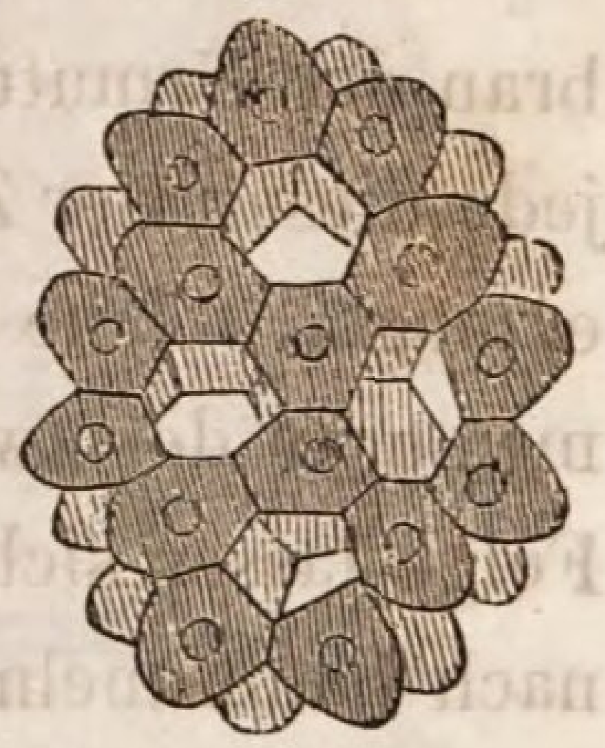
Zellfamilien darstellende Pflanzen gibt es nur unter den einfacheren Gewächsen, insbesonders unter den Algen, bei welchen die Zahl der vereinigten Zellen und ihre Verschiedenheit noch nicht gross ist. Die selbstständige Natur der Zellen ist in solchen Familienvereinen mehr als anderswo erhalten, daher die Möglichkeit ihres Sonderlebens.

Da jede Trennung unter sich verbundener Elementartheile im natürlichen Gange der Entwicklung eine Vermehrung, eine Fortpflanzung des Gewächses zur Folge hat, so kann eine solche Auflösung in Elementartheile, die ihre Lebensfähigkeit beibehalten, zugleich als Generationsvorgang betrachtet werden. Die Zellfamilien pflanzen sich daher bei ihrer Auflösung fort.

Hiebei treten nun bei verschiedenen Zellfamilien verschiedene Zwischenstufen ein, die das Familienleben modificiren und der Zellfamilie selbst ein verschiedenes Gepräge ertheilen.

Von der einzelnen Zelle aus entstehen im rasch auf einander folgenden Theilungsgange der successiven Mutterzellen ein zusammenhängender Complex von einer bestimmten Anzahl von Tochterzellen. Ist dieser erreicht, so erfolgt dann unausweichlich die Trennung der einzelnen Glieder und die Familie ist aufgelöst. Es erfolgen somit in diesem Falle erst einige Zellgenerationen (vegetative Generationen), die einen Zusammenhang bilden, worauf dann die letzte oder Uebergangsgeneration eintritt. So entstehen aus der einfachen Zelle des Scenedesmus acutus durch zwei oder drei Generationen vier oder acht Zellen. Ist dieser Complex zu Stande gekommen, so trennen sich die Glieder, und der Cyclus der Entwicklung fängt von vorne an. Dasselbe ist der Fall bei Scenedesmus obtusus und caudatus. Andere Desmidiaceen wie Pediastrum, Coelastrum *(Fig. 38)* u. s. w. erreichen eine bei weitem grössere Zahl von Zellindividuen, und die Anordnung derselben in der Familie gewinnt eine im Pflanzenreiche seltene mathematische Genauigkeit.

Fig. 38.

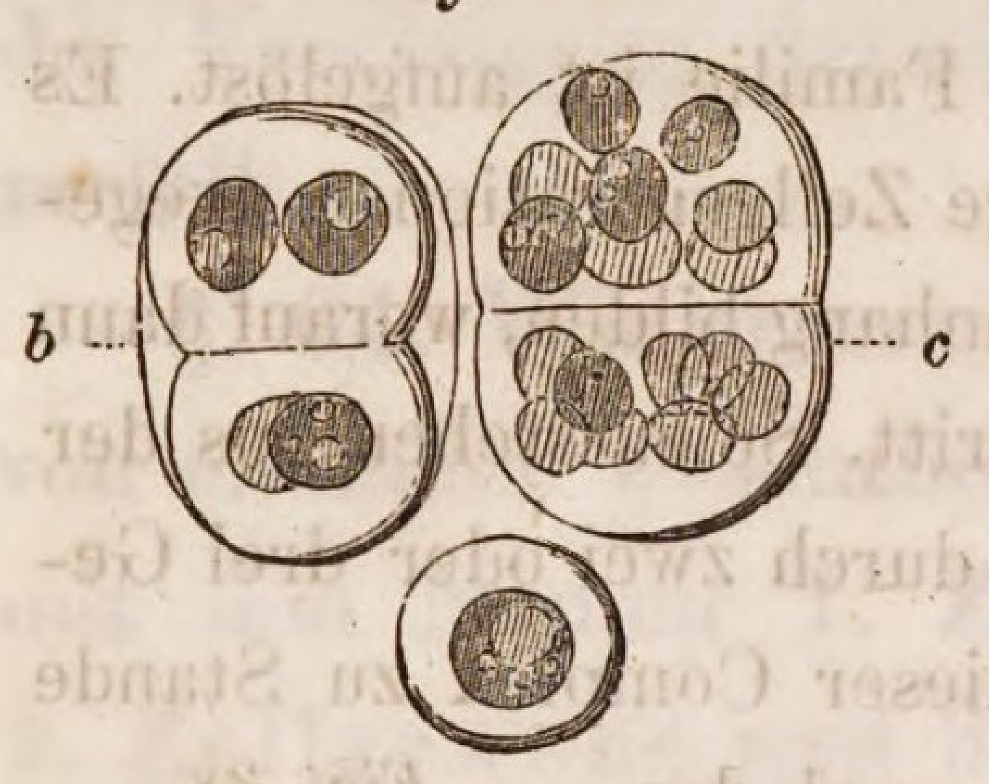


Bei den Chroococcaceen, deren Pflanzenindividuen nach dem vulgären Begriffe aus einer nicht geringen Anzahl von Zellen zusammengesetzt sind, erfolgt die Auflösung der Zellfamilie in der

Fig. 38. Coelastrum sphaericum Näg. Vergr. $^{300}/_{1}$. Die Familien sind kugelig oder eikugelig, vielzellig, bis $^{1}/_{25}$''' gross; ihre Fortpflanzung ist noch nicht beobachtet. (Nach Nägeli.)

Regel bei weitem später, nach zahlreichen vegetativen Generationen. Die Hüllmembran dehnt sich bei jeder neuen Theilung mehr aus und umfasst dann oft eine erstaunliche Menge zu einer Familie vereinter Zellindividuen. Diess geht jedoch nur bis zu einer bestimmten Grenze, die durch die Festigkeit und Elasticität der umschliessenden Gallertmembran bedingt wird. Sie zerfliesst entweder oder berstet, wenn sie die sich neu bildenden Generationen nicht zu fassen vermag. Es ist übrigens schon bemerkt worden, dass die Hüllmembran nur eine Folge der Gallertausscheidung der dünnwandigen mit Chlorophyll gefüllten Zellen ist, und dass also hier eine Einschachtlung im wahren Sinne des Wortes bis zur Trennung der Zellindividuen Statt findet.

Fig. 39.



Ein Beispiel aus Gloeocystis vesiculosa Naeg. *(Fig. 39)* mag das Vorstehende erläutern. Man sieht in *a* eine einzige Zelle von der glasartig durchsichtigen Hüllmembran umgeben. In *b* ist daraus schon eine Colonie von vier Zellen, und zwar nach der zweiten Generation hervorgegangen. Die Hüllmembran der Urmutterzelle umschliesst noch die Enkelzellen. In *c* hat jede dieser vier Zellen nach abermals zwei Generationen 16 Zellen erzeugt, welche neben und über einander liegen und von der Hüllmembran der zweiten Generation eingeschlossen sind. In weiterer Folge lassen sich die einzelnen Zellen ihren Verwandtschaftsgraden nach kaum mehr übersehen.

Die Hüllmembran der ursprünglichen Mutterzelle mit den Hüllmembranen der Tochterzellen mehr oder weniger verschmolzen bilden endlich eine vollkommen geschlossene Blase, in der

Fig. 39. a Eine Zelle mit ihrer Hüllmembran; *b* eine Colonie von 4 Zellen der zweiten Generation, in der die Hüllmembranen der ursprünglichen Zellen noch zu erkennen sind; *c* eine Colonie von 16 Zellen der vierten Generation. Vergr. $^{333}/_{1}$.

die jüngst Erzeugten angehäuft liegen. Erst bei einer viel weiter fortgeschrittenen Bildung scheinen die Zellen ihre eigene Hüllmembran zu erzeugen.

C. Nägeli, Gattungen einzelliger Algen etc 1849.

Alex. Braun, Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. 1851. 4.

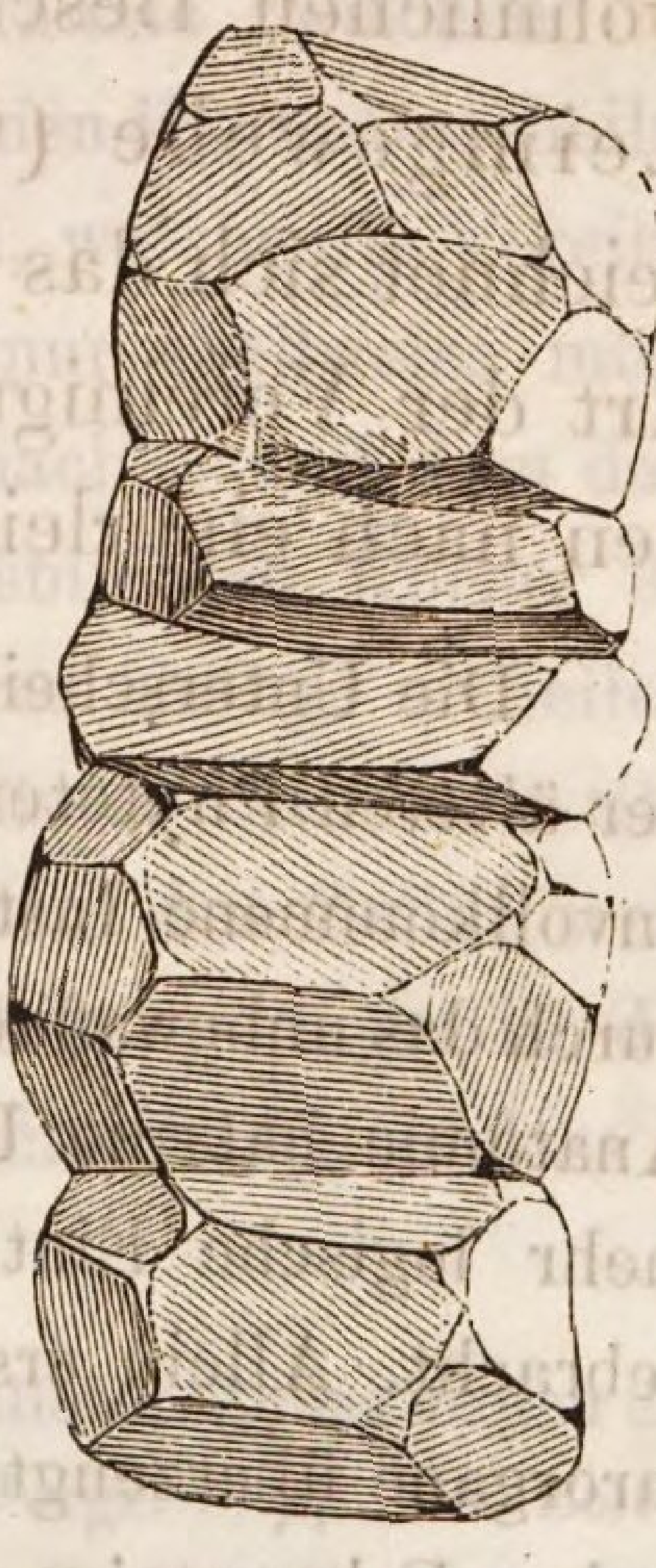
II. Abschnitt.

Von den Zellgeweben.

§. 66. Unter Zellgewebe versteht man eine Vereinigung gleichartiger Elementartheile zu grösseren oder kleineren Massen, die ihren Zusammenhang für die ganze Zeit ihres Lebens beibehalten.

Zur Bezeichnung einer bleibenden Vereinigung von gleichartigen Elementartheilen ist das Wort Gewebe (Contextus) längst in die Wissenschaft eingeführt, obgleich der Analogie nach mit künstlichen Geweben der Ausdruck sehr unpassend ist, und eigentlich nur für eine einzige Art von Zellgewebe, nämlich dem Filzgewebe Anwendung finden kann.

Fig. 40.



Indem wir demnach diese Bezeichnung noch fortan in der Wissenschaft beibehalten, müssen wir uns unter dem Pflanzenzellgewebe nicht eine bestimmte Form der Vereinigung der Elementartheile, sondern jede mögliche Form, wenn sie nur dauernd ist und dem Begriff der Einerleiheit der in Verbindung stehenden Theile nicht widerspricht, vorstellen. Elementartheile also von ungleicher Beschaffenheit bilden in ihrer Vereinigung kein Zellgewebe. Dazu ist jedenfalls Gleichheit oder wenigstens Aehnlichkeit erforderlich.

Fig. 40. Aus dem Marke des Stengels von *Mentha silvestris*. Vergr. $^{240}/_{1}$.

Ein Gewebe von Zellen ist z. B. in beigefügter Abbildung dargestellt *(Fig. 40)*. Es sind fünf polyëdrische Zellen in ihrer Verbindung aus dem Verbande anderer ähnlicher Zellen der Deutlichkeit wegen gelöst. Grosse und kleine, mehr und weniger flächige, breite und schmale Zellen wechseln, ohne in ihrem Charakter verschieden zu sein.

§. 67. Man unterscheidet verschiedene Formen von Gewebe, und zwar erstlich nach der Gestalt der es zusammensetzenden Zellen, zweitens nach der Beschaffenheit der Zellmembran und endlich drittens nach der Art der Vereinigung der Elementartheile.

Nach der ersten Kategorie erhält man 1. unvollständiges Zellgewebe (Merenchyma), 2. vollständiges Zellgewebe (Parenchyma) und 3. Fasergewebe (Prosenchyma v. tela fibrosa). Nach der zweiten Kategorie gibt es nur eine Form, welche von der gewöhnlichen Beschaffenheit der Zellhaut abweicht und Leimgewebe (Collenchyma) genannt wird. Endlich zeichnet sich das Filzgewebe (tela contexta) durch die Art der Vereinigung der Elementartheile vor allen übrigen nach einerlei Weise construirten Gewebsarten aus.

Die Unterscheidung verschiedener Gewebsarten gehört schon der älteren Phytotomie an, indem diese Unterschiede auch durch unvollkommene Instrumente erkannt, ja selbst zum Theile schon durch das unbewaffnete Auge bemerkt werden könnten. Die neuere Anatomie hat die Unterschiede nur schärfer aufgefasst und eine mehr logische Eintheilung der allgemeinen Formen zu Stande gebracht. Allein erst als man von der Individualität der Elementarorgane überzeugt war, hatte man das leitende Princip für die wahre Erkenntniss gefunden. Meinungen, dass es z. B. Gewebsformen gebe, die nur aus Höhlungen in einer homogenen Substanz

beständen u. s. w., gehören schon der Geschichte an. Es gibt keine Gewebsform in was immer für einer Entwicklungsperiode, in welcher nicht durch die uns zu Gebote stehenden Mittel die Zusammensetzung aus Elementartheilen nachzuweisen wäre.

§. 68. Das unvollständige Zellgewebe (Merenchyma) ist aus mehr oder minder abgerundeten regelmässigen oder unregelmässigen Zellen zusammengesetzt und bildet eine lockere, schwammige, von mannigfaltigen Höhlungen durchsetzte Masse. Nach der speciellen Form der Zellen wird es a) regelmässiges Merenchym (Merenchyma regulare), b) unregelmässiges Merenchym (Merenchyma irregulare) und c) Schwammgewebe (Merenchyma spongiaeforme) genannt.

Berühren sich mehrere abgerundete Zellformen gegenseitig, um einen zusammenhängenden Körper zu bilden, so kann es nach geometrischen Gesetzen nicht anders kommen, als dass sich Zwischenräume zwischen den einzelnen Elementartheilen bilden, welche die Vereinigung nur theilweise möglich machen und dem daraus gebildeten Körper ein lockeres Gefüge ertheilen. Je grösser die Interstitia zwischen den Zellen werden, desto geringer ist der Zusammenhang, so dass es

Fig. 41.

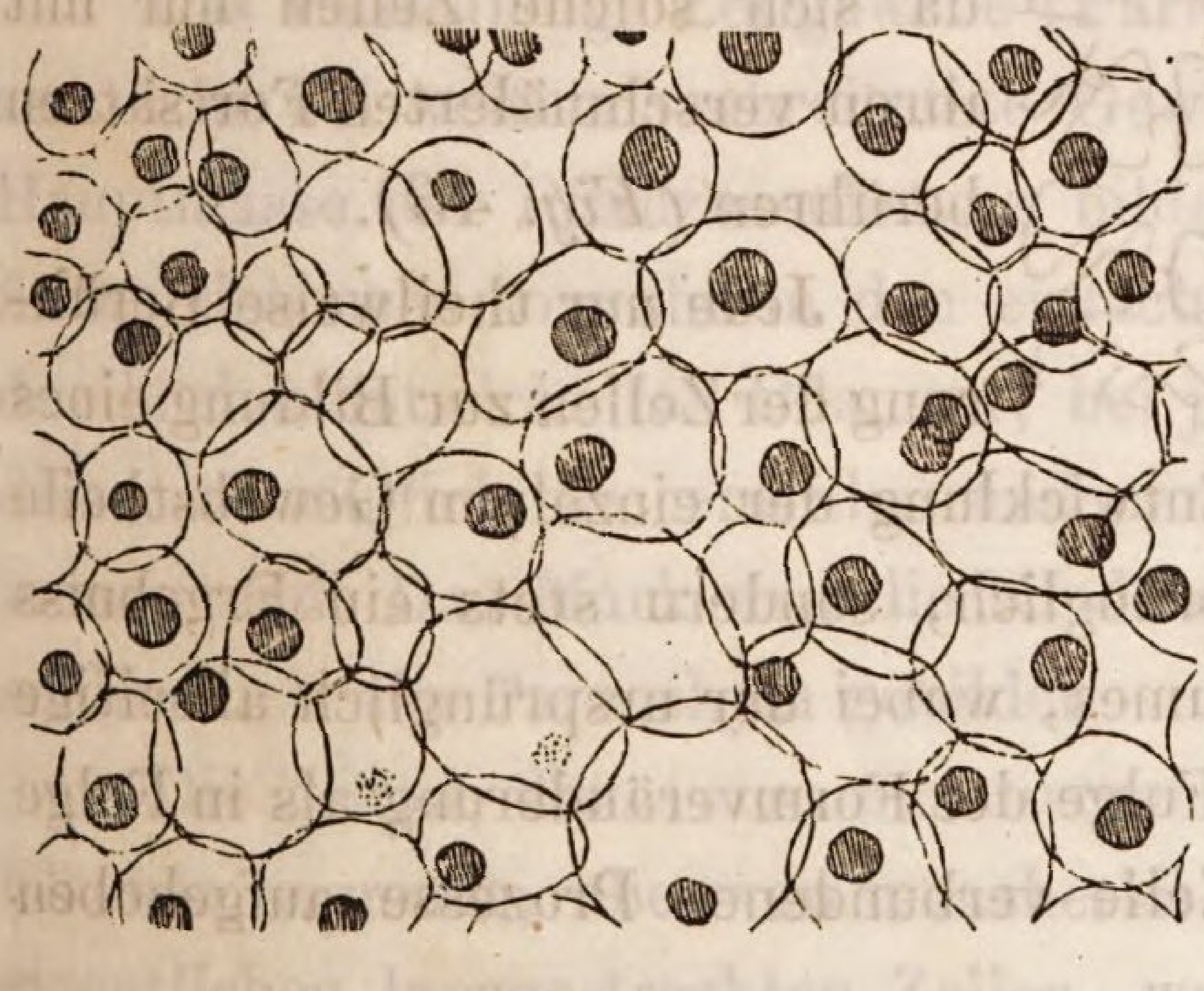
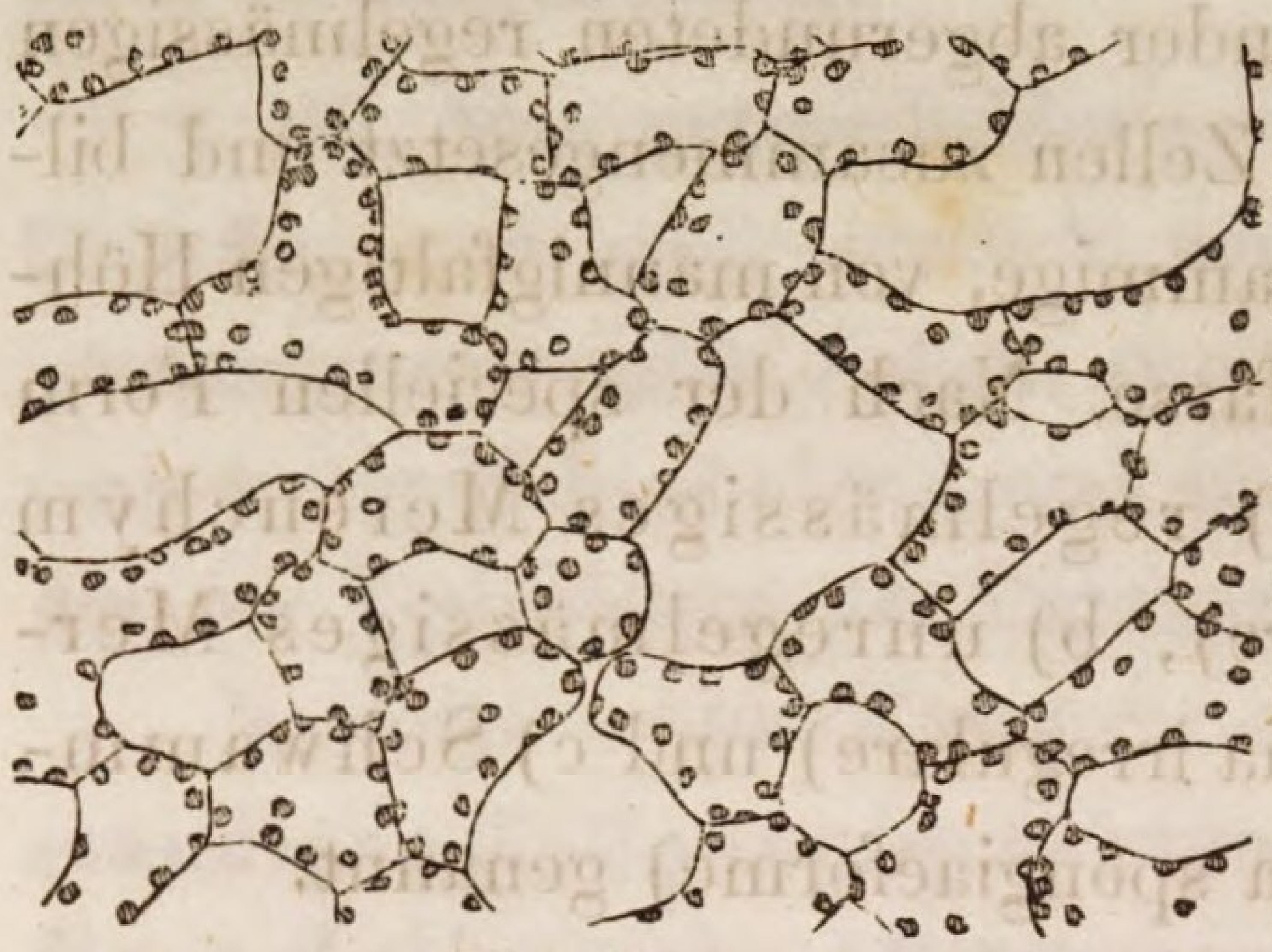


Fig. 41. Regelmässiges Merenchym aus den oberflächlichen Zellschichten der Frucht von *Passiflora suberosa* Linn. Vergr. $^{100}/_{1}$. Die Zellen enthalten Farbebläschen mit dunkelblauem Farbestoffe; nur einige wenige Chlorophyll.

zu einem Zustande kommt, in welchem jene diese überwiegen, was ein schwammartiges Gewebe zur Folge hat.

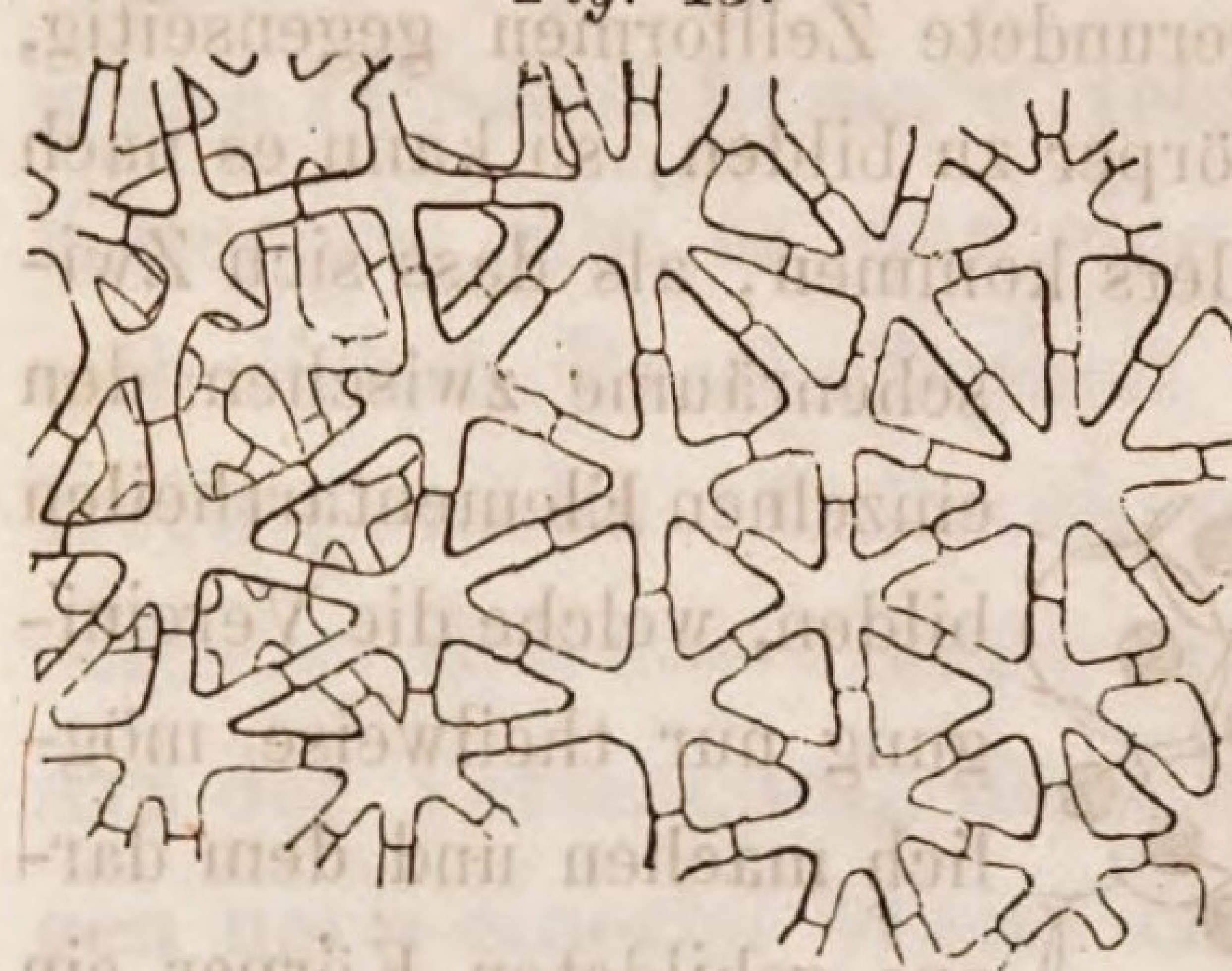
Liegen in einem Gewebe kugelförmige, ellipsoidische oder diesen nahezu verwandte Formen über und neben einander, so wird ein solches Gewebe regelmässiges Merenchym genannt *(Fig. 41)*.

Fig. 42.



Werden die Zellen unregelmässig verschieden gestaltet mit mannigfaltigen Fortsätzen und Erweiterungen versehen, so erscheint ein solches Gewebe als unregelmässiges Merenchym *(Fig. 42)*.

Fig. 43.



Das Schwammgewebe endlich, aus stern- oder morgensternförmigen Zellen zusammengesetzt, lässt noch grössere Zwischenräume zwischen den einzelnen Elementartheilen, da sich solche Zellen nur mit ihren verschmälerten Fortsätzen berühren *(Fig. 43)*.

Jede nur theilweise Berührung der Zellen zur Bildung eines Gewebes hängt von der Entwicklung der einzelnen Gewebstheile ab und ist daher nie ursprünglich, sondern stets ein Ergebniss fortgeschrittenen Wachsthumes, wobei der ursprünglich allseitige Zusammenhang sowohl in Folge der Formveränderung als in Folge der mit dem Leben der Zelle verbundenen Prozesse aufgehoben

Fig. 42. Unregelmässiges Merenchym aus dem Blatte von *Sanguinaria canadensis*. In den Zellen Chlorophyll. Vergr. $^{240}/_1$.

Fig. 43. Schwammgewebe aus dem Stengel von *Juncus conglomeratus* Vergr. $^{150}/_1$.

werden muss. Pflanzentheile mit kräftiger und nachhaltiger Entwicklung, wie z. B. manche Stengel und in der Regel die meisten Laubblätter zeigen merenchymatisches Zellgewebe in mancherlei Abstufung.

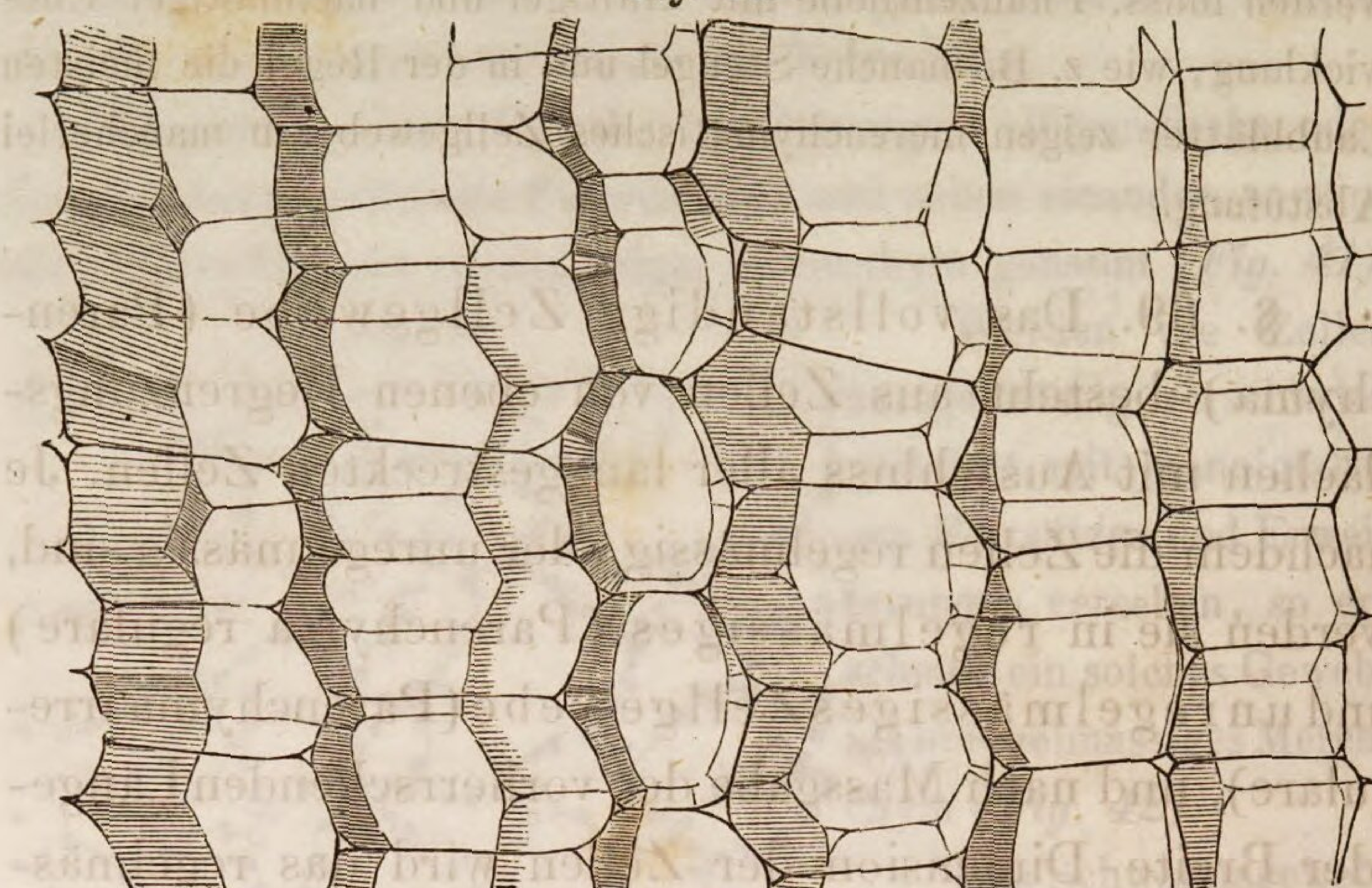
§. 69. Das vollständige Zellgewebe (Parenchyma) besteht aus Zellen von ebenen Begrenzungsflächen mit Ausschluss aller langgestreckten Zellen. Je nachdem die Zellen regelmässig oder unregelmässig sind, werden sie in regelmässiges (Parenchyma regulare) und unregelmässiges Zellgewebe (Parenchyma irregulare), und nach Massgabe der vorherrschenden Länge- oder Breite-Dimension der Zellen wird das regelmässige Zellgewebe noch in Säulen-Parenchym (Parenchyma regulare longitudinale) und in mauerförmiges Zellgewebe (Parenchyma regulare tabulatum) geschieden.

Das vollständige Zellgewebe (Parenchyma) ist das im Pflanzenreiche bei weitem verbreitetste Gewebe, obgleich es nicht die Hauptmasse der Pflanzensubstanz bilden dürfte. Das Parenchym findet sich eben so wohl in den einfachsten und niedersten wie in den höchst entwickelten Pflanzen, bei jenen die ganze Masse, bei diesen vorzüglich die centralen und peripherischen Theile zusammensetzend. Das Mark und die Rinde der Stämme wird fast ausschliesslich aus Parenchym gebildet.

Die Zellen, die es zusammensetzen, sind durchaus von ebenen Flächen begrenzt, aber von mancherlei Form, mit Ausnahme der eigentlichen langgestreckten Zellen, welche in ihrer Vereinigung das Fasergewebe bilden.

Sind die Zellen regelmässig polyëdrisch, wie etwa die *Fig. 40* abgebildete, so entsteht daraus ein regelmässiges Parenchym, was sich auf dem Durchschnitte wie *Fig. 44* präsentirt.

Fig. 44.



Im unregelmässigen Parenchyme, welches bei weitem häufiger als ersteres vorkommt, sind die polyëdrischen Zellen von sehr ungleicher Form und Grösse. Das Säulenparenchym wird durch kurze säulenförmige Zellen gebildet, die neben und über einander stehen und meist enge unter einander verbunden sind. Die äussersten Zellschichten mancher Pflanzentheile, wie z. B. die Testa der Samen, die Oberseite der Blätter mit Ausnahme der Epidermis werden von einem solchen Parenchyma longitudinale gebildet. Diesem entgegengesetzt wird das mauerförmige Zellgewebe von etwas plattgedrückten Zellen zusammengesetzt, so dass das Ganze einer Mauer von Backsteinen nicht unähn-

Fig. 45.

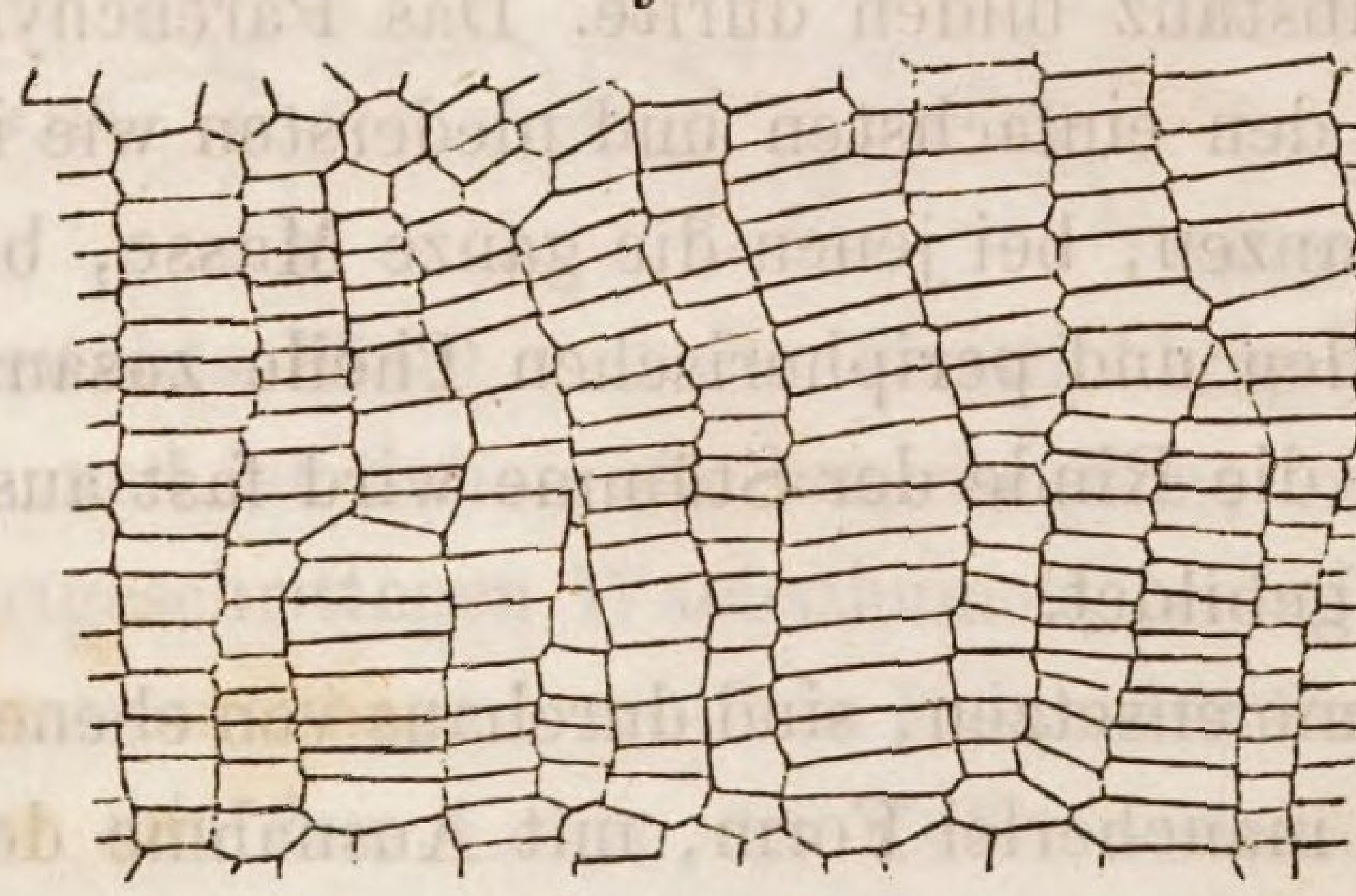


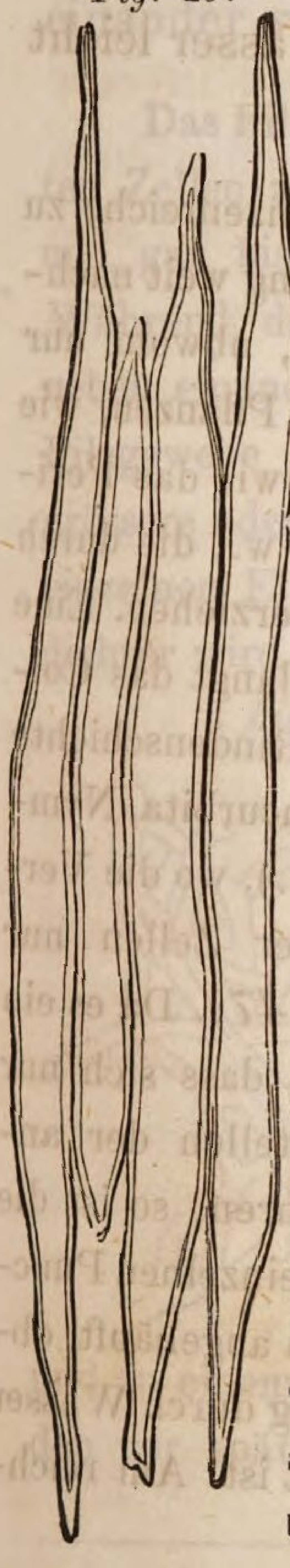
Fig. 44. Längenschnitt durch den Markkörper des Stengels von *Mentha silvestris*. Vergr. $^{170}/_{1}$.

Fig. 45. Mauerförmiges Zellgewebe aus der Rinde des Rhizoms von *Tamus polycarpus*. Vergr. $^{165}/_{1}$.

lich sieht. *(Fig. 45.)* Ein Theil der Rinde (Periderma) und die Markstrahlen des Holzes zeigen ein solches Zellgewebe.

Das Parenchym geht allmälig in das Merenchym über, so wie die ebenen Flächen der Zellen kleiner werden und die krummen Flächen an Ausdehnung gewinnen, so dass es allerdings Fälle gibt, wo Gewebsbildungen zwischen diesen beiden Formen mitten inne schweben.

Fig. 46.



§. 70. Aus langgestreckten spindelförmigen, meist durch ebene Flächen begrenzten Zellen wird das F a s e r g e w e b e (Tela fibrosa, Prosenchyma) zusammengesetzt. Die Berührung der Zellen ist grösstentheils eine seitliche, so dass die Enden oder Spitzen derselben nie über einander zu stehen kommen, sondern in die durch den Zusammentritt mehrerer gebildeter Fugen eingepasst werden.

Das Fasergewebe *(Fig. 46)* wird schlechterdings nur durch langgestreckte, dünne Zellen gebildet, welche dem unbewaffneten Auge als zarte Fasern erscheinen. Selbst bei der zuweilen Statt findenden Unregelmässigkeit solcher Zellen ist deren Zusammenfügung doch immer so, dass die Enden nie auf einander, sondern zwischen einander zu liegen kommen. Dieser Umstand, so wie die meist dicken elastischen Wände solcher Zellen machen dieses Pflanzengewebe zu dem festesten und zähesten. Das Holz der Bäume, der Bast vieler Pflanzen u. s. w. ist durch sein Fasergewebe vor vielen andern

Fig. 46. Prosenchym aus dem Holze von *Tilia europaea*. Vergr. $^{270}/_{1}$.

zu technischen Zwecken verwendbar. Der Ausdruck Pleurenchym zur Bezeichnung der seitlichen Aneinanderfügung solcher Zellen ist ganz überflüssig.

§. 71. Das Leimgewebe (Collenchyma) unterscheidet sich von dem Parenchyma nur durch die besondere Beschaffenheit der unter einander verbundenen Zellen, deren Wände allgemeine oder partielle Verdickungen haben, welche in Berührung mit Wasser leicht aufquellen.

Das Collenchyma ist eben nicht selten im Pflanzenreiche zu finden, obgleich es den übrigen Geweben an Verbreitung weit nachsteht. Besonders auffallend zeigt das Leimgewebe, obwohl nur in einer einzigen Schichte, die Samenhaut mehrerer Pflanzen, wie z. B. von Collomia, Gilia, Pulemonium, Cydonia, so wie das Pericarpium von Salvia, Ocymum, Dracocephalum u. s. w., die durch Benetzung mit Wasser sich mit einer Gallerthülle überziehen. Eine grössere Ausdehnung erlangt das Collenchym in der äusseren Rindenschichte vieler Pflanzen (Beta, Cucurbita, Nymphaea, Impatiens u. s. w.), wo die Verdickungsschichten seiner Zellen nur partiell auftreten *(Fig. 47)*. Da es ein allgemeines Gesetz ist, dass sich nur die stark verdickten Stellen der anstossenden Zellen berühren, so ist die aufquellende Masse an einzelnen Puncten mehr als an andern angehäuft, obgleich die Anschwellung durch Wasser dadurch nicht vermehrt ist. Am reich-

Fig 47.

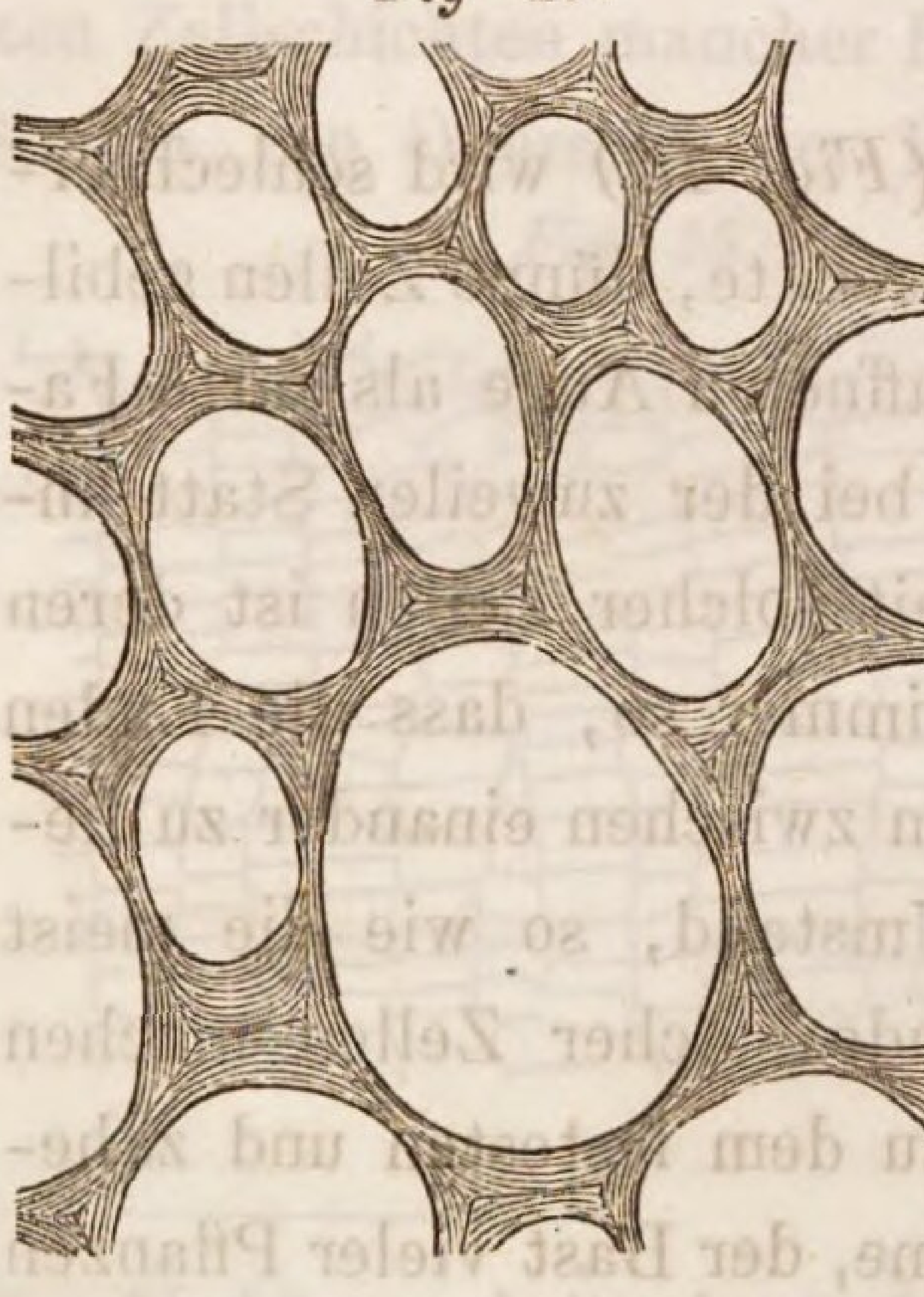


Fig. 47. Querschnitt durch das Collenchym des Blattstieles von *Nymphaea alba*. Vergr. $^{390}/_{1}$.

lichsten entwickelt zeigt sich das Collenchym in den Markstrahlen mehrerer Astragalusarten (Astragalus tragacantha, aristatus, brevifolius DC. etc.), wo es die stark aufquellende Masse des Tragant liefert.

§. 72. Ganz verschieden von allen genannten Gewebsformen ist das Filzgewebe (Tela contexta), ein aus einfachen oder verzweigten langgestreckten durch einander verlaufenden Zellen gebildetes Gewebe.

Das Filzgewebe ist nur aus faserigen einfachen oder verzweigten Zellen zusammengesetzt, und gleicht dem Fasergewebe ganz und gar bis auf die Art der Vereinigung der Elementartheile. Während die langgestreckten fadenförmigen Zellen bei diesem neben einander verlaufen, kreuzen und queren sie sich bei dem Filzgewebe auf die mannigfaltigste Weise, wodurch nothwendig grössere oder kleinere Zwischenräume (Interstitia) zwischen den einzelnen Elementartheilen entstehen. Je kleiner diese sind, je dichter wird das Filzgewebe und je derber die Zellen, desto fester dasselbe. Auf dieser Unterscheidung beruht das lockere und zarte Pilzgewebe und das derbe und dichte Filzgewebe des Flechtenthallus *(Fig. 48)*. Zur Verstärkung des Zusammenhanges trägt es nicht wenig bei, dass bei diesem Gewebe die Zellen sich nicht nur seitlich berühren und sich umschlingen (verfilzen), sondern dass sie auch stellenweise mit einander verschmelzen und zu einem Ganzen werden. Es beruht dieses auf dem Vorgang, den wir später als Copulation näher kennen lernen werden. Das

Fig. 48.

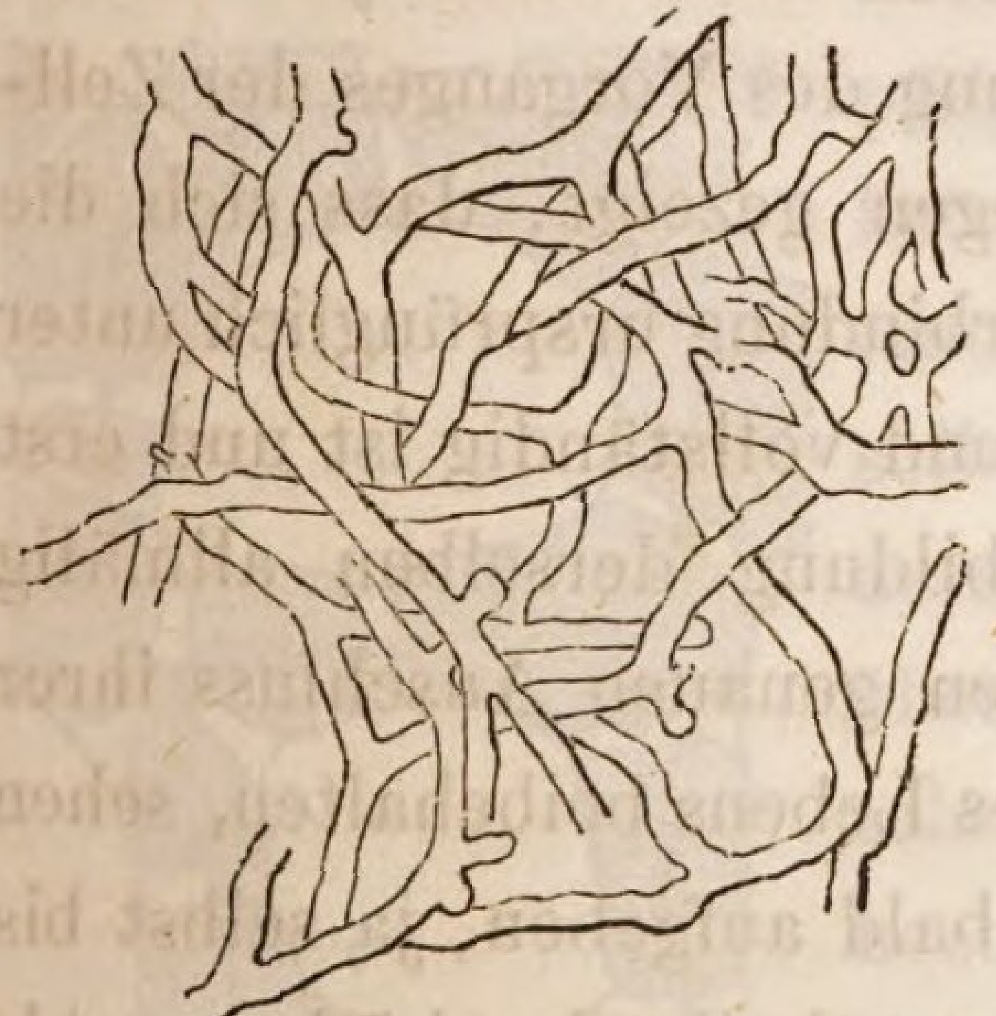


Fig. 48. Filzgewebe aus unregelmässigen Faserzellen von der untersten Schichte des Thallus von *Peltigera venosa*.

Filzgewebe ist nur bei niederen, niemals bei höheren Pflanzen vorhanden. Der Thallus der Pilze der Flechten und einiger Algen ist ganz oder zum Theile daraus gewoben.

§. 73. In der Regel ist alles Zellgewebe, da es durch Theilung der Zellen (merismatische Zellbildung) entsteht, ursprünglich ein geschlossenes Ganzes, deren Elementartheile sich nach allen Richtungen vollkommen berühren. Erst in Folge des Wachsthumes derselben wird die Berührung lockerer, bis sie zuweilen in eine wahre Isolirung der Zellen übergeht. Die verschiedenen Gewebsformen können daher, abgesehen von der Form der Elementartheile, als auf gewissen Stufen stehen gebliebene Entwicklungen von Zellcomplexen angesehen werden.

Es ist eine durchaus irrige Vorstellung, das Zellgewebe aus der Vereinigung von ursprünglich sphäroidischen Elementartheilen ableiten zu wollen. Die fehlerhafte Voraussetzung, als ob alle Zellen anfänglich kugelförmig wären, hat hiezu zunächst Veranlassung gegeben. Die genaue Beobachtung des Vorganges der Zellvermehrung durch Theilung hat dagegen gezeigt, dass sich die Sache ganz anders verhält, und die Verbindung ursprünglich unter den jüngst erzeugten Zellen sehr enge und vollständig ist und erst später nach Vergrösserung und Ausbildung derselben allmälig lockerer wird. Wenn einige Gewebe den genauen Anschluss ihrer Elementartheile für die ganze Zeit ihres Lebens beibehalten, sehen wir dagegen andere Gewebe denselben bald aufgeben, ja selbst bis zur vollständigen Trennung der Elementartheile durchführen. Als Beispiel für ersteres mag das Fasergewebe des Holzes und des Bastes dienen, das lockere Merenchym der Blätter und der saftigen Fruchthüllen zeigt das letztere.

§. 74. In der Vereinigung dickwandiger mit Tüpfelgängen versehener Zellen herrscht das Gesetz, dass die

Tüpfelcanäle der anstossenden Zellen stets auf einander gerichtet sind. Durch diese Einrichtung wird jeder dickwandigen Zelle, wenigstens zum Theile, das ursprüngliche auf Mittheilungsfähigkeit bezügliche Verhältniss mit den Nachbarzellen erhalten, was für die Saftleitung u. s. w. von grosser Wichtigkeit ist.

Durchschneidet man ein Gewebe von dickwandigen Zellen, so wird man auf dem Schnitte immer einige Tüpfelcanäle treffen, nämlich solche, die mit der Schnittfläche parallel laufen, und daher nach ihrer ganzen Erstreckung überblickt werden können, andere werden dabei schief und nur theilweise, d. i. an ihrer Mündung, viele gar nicht getroffen. Nur an den ersteren lässt sich wahrnehmen, dass ihr Ursprung an der primären Zellmembran genau mit der Ursprungsstelle eines ähnlichen Tüpfelganges der Nachbarzelle zusammentrifft. Die Communication mit den angrenzenden Zellen ist daher bei dieser Einrichtung selbst für sehr dickwandige Zellen darum wenig beeinträchtiget, weil die Zahl der nach allen Richtungen verlaufenden Tüpfelgänge in einer Zelle immerhin sehr beträchtlich ist. Flüssigkeiten, welche von einer Zelle in die andere geführt werden sollen, haben wie im jugendlichen Zustande derselben nur die primäre Zellmembran zu überwinden *(Fig. 49)*. Den Grund dieser sehr zweckmässigen Bildung kennen wir noch nicht, doch ist es sehr möglich, dass eben die auf gewisse Puncte concentrirte Saftleitung das Hinderniss einer allseitigen gleichförmigen Verdickung der Zellmembran

Fig. 49.

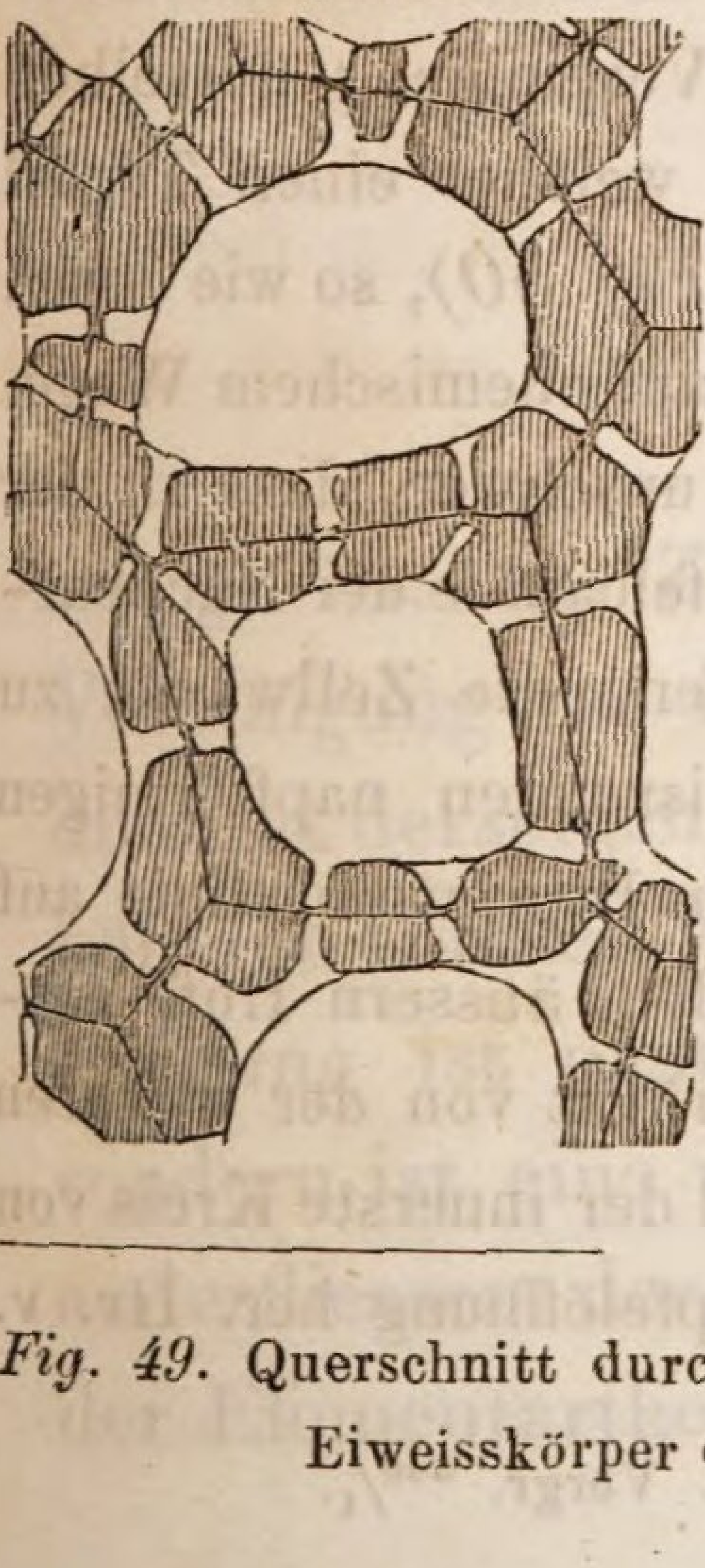


Fig. 49. Querschnitt durch eine Gruppe sehr dickwandiger Zellen aus dem Eiweisskörper des Samens von *Asparagus officinalis*. Vergr. $^{390}/_{1}$.

ist. Bei den spaltförmigen Oeffnungen der secundären Zellhaut ist es anders. Dieselben fallen in den anstossenden Zellen nicht ihrer ganzen Ausdehnung nach über einander, sondern blos ihre Mittelpuncte, was somit eine Kreuzung gibt. Bei der von der spiraligen Ablagerung der Moleküle abhängigen Bildung dieser Spalten und dem homodromen Verlauf der Spiralen zweier Zellen kann es nicht anders sein, als dass eine Kreuzung zu Stande kommt.

§. 75. Nicht selten erscheinen die Tüpfel der dickwandigen Zellen auf der Ansicht von vorne mit einem einfachen oder doppelten Hofe umgeben. Es rührt diess einerseits von der ungleichen Weite des Canales, anderseits von einem beiden Zellen an der gleichen Stelle zukommenden napfförmigen Eindrucke nach innen her.

Eine den dickwandigen Holzzellen der Coniferen, Cycadeen und vieler anderer Gewächse allgemein zukommende Erscheinung ist die Hofbildung um die Tüpfel, wodurch die Zierlichkeit dieser Elementarorgane nicht wenig gewinnt. Es ist diese Bildung stets abhängig vom Anstossen ähnlicher, ja wohl auch unähnlicher Elementartheile, und somit eine Folge der Vereinigung derselben unter einander. Durch einen Querschnitt, welcher einen Tüpfel genau in der Mitte trifft (*Fig. 50*), so wie durch die Sonderung der Zellen auf chemischem Wege, überzeugt man sich nicht unschwer, dass an der Stelle, wo die beiden Tüpfelcanäle der Nachbarzellen an einander stossen, die Zellwände zu beiden Seiten einen kreisrunden napfförmigen Eindruck erhalten, dessen Begrenzungslinie auf der Ansicht von vorne dem äussern Hofe entspricht. Der innere Hof rührt von der weiteren inneren Tüpfelöffnung und der innerste Kreis von der engeren äusseren Tüpfelöffnung her. Hr. v.

Fig. 50.

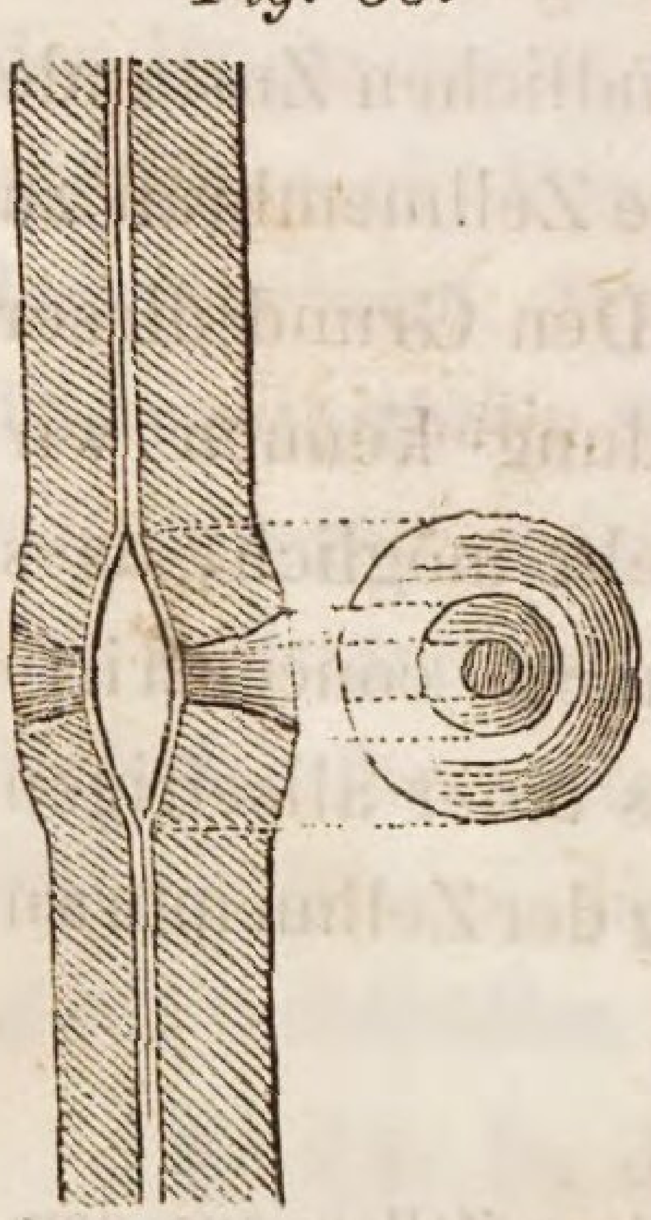


Fig. 50. Porus der Zellen von *Pinus abies* Linn. Vergr. $^{500}/_{1}$.

Mohl hat diese Bildung zuerst richtig erklärt. Die Sonderung solcher hofbildender Zellen durch chemische Mittel lässt an der Richtigkeit jener Erklärung nicht zweifeln, indem auf diese Weise die napfförmigen Eindrücke der Zellen sehr augenfällig erscheinen.

Auch hier ist die Ursache des partiellen Auseinandertretens ursprünglich engverbundener Zellen noch ein Räthsel. An ganz jungen Holzzellen der Coniferen kann man sehen, dass die Hofbildung vor der Tüpfelbildung erscheint, folglich unmöglich durch diese bedingt sein kann. Die Nothwendigkeit einer partiellen Luftausscheidung an der Stelle, wo später die Tüpfelcanäle sich berühren, würde die wahrscheinliche Function der letztern eben nicht unterstützen, auch zeigt die Erfahrung, dass in diesem Interstitium anfänglich nicht Luft, sondern Saft enthalten ist.

Nach Hartig ist dieser linsenförmige luftführende Raum von einer Zellhaut begrenzt und also eine Zwischenzelle (Areola), die sich entweder durch Aussackung der Ptychode selbst, oder durch die Weiterentwicklung einer Euchromzelle des Ptychodesaftes bildete. Alle Anatomen haben sich gegen die Richtigkeit dieser Erklärung ausgesprochen.

III. Abschnitt.

Von den Zellfusionen.

§. 76. Als Zellfusion bezeichne ich eine solche Vereinigung von Elementartheilen, wodurch die Individualität derselben aufgehoben und zugleich den zu einem höheren Ganzen verbundenen übertragen wird. Die Vereinigung ist nicht blos eine bleibende unauflösliche, sondern ist eine wahre Verschmelzung, d. i. ein Ineinanderfliessen der Begrenzung sowohl als des Inhaltes der Elementartheile.

Die Zellfusion ist wie die Zellfamilie und das Zellgewebe ein Complex von Zellen. Während in der Zellfamilie die Vereinigung derselben eine vorübergehende ist, wird sie im Zellgewebe von Dauer, allein in beiden Fällen ist die Individualität der Zelle nicht aufgehoben, sondern nur mehr oder weniger beschränkt. In der Zellfusion dagegen vereinigen sich Zellen nicht blos bleibend für immer, sondern die Einigung wird inniger bis zum Verschwinden aller Grenzen, jedoch mit Beibehaltung ihrer natürlichen Functionen. Aus den vereinigten Elementartheilen wird ein Ganzes von höherer Ordnung, ein Verschmelzungsorgan, ein höheres oder abgeleitetes Elementarorgan. Die Zellfusion ist der umgekehrte Vorgang der Zellvermehrung durch Theilung. Während in dieser die Elementarzelle in individualisirte Theile zerfällt, gehen dort die Zellindividuen durch unzertrennlich in einander fliessende Einigung in ein höheres Ganzes auf.

Eine verschmelzende Vereinigung der Zellen zu einem lebensfähigen Ganzen kann nicht anders vor sich gehen, als wenn sowohl die Zellmembranen sich mit einander verbinden als der Zellinhalt der vereinten Zellen zu einem gemeinsamen Zellinhalte werden. Dieses setzt nothwendig eine Auflösung oder Schmelzung der sich berührenden Zellen an der Berührungsstelle voraus.

§. 77. Die Zellfusion geht verschiedene Stufen der Entwicklung durch, die, wo sie bleibend werden und eine bestimmte Form annehmen, als Fusionen verschiedener Art erscheinen. Die unterste Stufe bildet die Copulation der Zellen, höher entwickelt ist die Bildung des Milchsaftgefässes, die höchste Stufe nimmt das Spiroide oder das Spiralgefäss ein.

Die Verschmelzung der Zellen unter einander zu einem höheren Ganzen hat verschiedene Gradationen, je nachdem die vereinten Zellen ihre ursprüngliche Natur beibehalten oder verändern, und je nachdem die Schmelzung eine mehr oder minder vollständige

ist. In der einfachen Copulation verändern sich Zellmembran und Zellinhalt wenig oder gar nicht. Im Milchsaftgefässe ist die Verschmelzung der Zellen häufig durch eine vorausgehende Veränderung des Zellinhaltes und Entwicklung der Zellmembran angedeutet, im Spiralgefässe endlich ist Veränderung des Inhaltes und der Membran so wie die Schmelzung eine vollkommene.

Die durch diese Prozesse hervorgehenden Gebilde können nicht als blosse Wachsthumsveränderungen der Elementarorgane angesehen werden, sondern stellen eine eigene höhere Bildung des Zelllebens dar, in welchem die Individualität der Zelle zu Gunsten einer umfassenderen Einigung mehr oder weniger verloren geht.

Die copulirte Zelle, das Milchsaftgefäss und die Spiroide sind in der Gewinnung einer grösseren Einheit Elementarorgane höherer Art, sie sind weder Zellen noch Gewebe von Zellen, uud können mit denselben weder verglichen noch zusammengestellt werden.

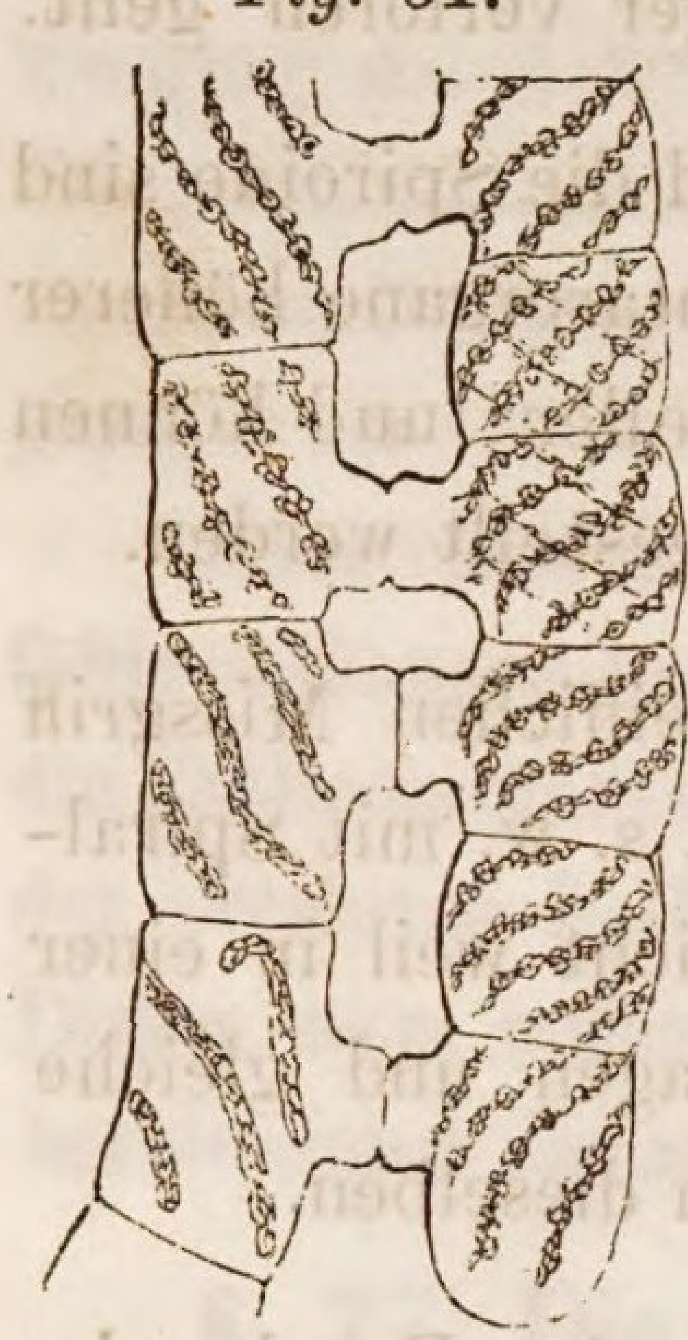
Die Phytotomie hat bisher einen unbegreiflichen Missgriff gethan, indem sie Spiroiden, Milchsaftgefässe u. s. w. mit Spiralfaserzellen unter eine Bezeichnung brachte. Nicht weil in einer Komödie Hunde und Affen gleiche Jacken tragen und gleiche Sprünge machen, sind sie ihrer Natur nach auch dieselben.

Im Pflanzenreich sind die Zellfusionen in der Regel sehr beschränkt. Manchen Pflanzen fehlen sie ganz, bei andern nehmen sie nur einen kleinen Theil ihres Körpers ein, und nur bei verhältnissmässig wenigen Gewächsen werden sie, wenn auch nicht vorwaltend doch immerhin bedeutend, und nehmen die wichtigsten Theile ein. Im Thierreich gehören die Fusionen zu den gewöhnlichsten Erscheinungen. Viele Gewebsarten, die Primitivfasern der Muskeln und Nerven, sind nichts als Zellfusionen. Während die Pflanze in allen Theilen individualisirte Zellelemente darbietet, sind sie im Thiere selten, auf die jüngsten Zustände und auf einige Organe beschränkt, dagegen walten allenthalben die höheren Fusionsgebilde vor.

§. 78. Die Copulation ist eine Vereinigung oder Verschmelzung zweier oder mehrerer langgestreckter Zellen durch seitliche Fortsätze, welche an der Berührungsstelle schwinden, d. i. durchlöchert werden und dadurch eine Vereinigung des Inhaltes ermöglichen.

Die Copulation ist eine im Pflanzenreiche schon lange beobachtete Erscheinung, die jedoch nach den bisherigen Erfahrungen nur den niederen Pflanzen zukommt. Am schönsten lässt sie sich bei Algen wahrnehmen, und die Gattung der Spirogyra ist auf

Fig. 51.



diesen Copulationsvorgang, der mit der Fortpflanzung zusammenhängt, gegründet. Zuerst entsteht an einer Seite der zu einem fadenförmigen Gewebe vereinten cylindrischen Zellen eine papillenartige Hervorragung. Trifft dieselbe an eine ähnliche Hervorragung einer zufällig naheliegenden Zelle, so vereinigen sich beide Fortsätze, die Berührungsstellen werden resorbirt und der Inhalt einer Zelle tritt gewöhnlich zum Inhalte der andern, und vereinigt sich mit diesem zu einer Fortpflanzungszelle (Spore).

Bei Pilzen und Flechten kommt die Copulation in den fadenförmigen meist verzweigten Zellen des Thallus nicht selten vor, doch scheint hier die Zellfusion von untergeordneter Bedeutung. Indess lässt sich vorläufig nicht sagen, in wie weit sie mit der Bildung von Sporangien zusammenhängt. In seltenen Fällen kommt die Copulation selbst an Theilen einer und derselben Zelle vor. Es vereinigen sich nämlich unter gewissen Bedingungen die Aeste einer verzweigten Zelle unter einander. Dieser Fall ist z. B. bei Vaucheria sessilis Lyngb. und andern Vaucherien beobachtet worden.

Fig. 51. Spirogyra decimina in der Copulation nach Kützing.

§. 79. Die Milchsaftgefässe (vasa lactea) sind kürzere oder längere cylindrische, unregelmässige oder verzweigte Zellen mit trübem, milchähnlichem oder dunkel gefärbtem Safte erfüllt, die in Reihen über einander gestellt oder in ihren Verzweigungen mit einander verschmelzen. Nach der Menge und Grösse der mit einander verbundenen Zellen erlangen die Milchsaftgefässe eine grössere oder geringere Ausdehnung.

Kein Gegenstand der Pflanzenanatomie hat bisher zu so verschiedenen und widersprechenden Ansichten Veranlassung gegeben, als die sogenannten Milchsaftgefässe, eigenthümliche von den übrigen Zellen und Zellcomplexen durch ihren Inhalt nicht selten leicht zu unterscheidende Gebilde. Noch bis auf die neueste Zeit sind die Milchsaftgefässe ihrer Form und Beschaffenheit nach ganz und gar verkannt und verwechselt worden, ja es hat sich sogar die Meinung geltend zu machen gesucht, dass dieselben keine zelligen Gebilde, sondern Canäle seien, die durch die Begrenzung von Zellen hervorgehen. Mangel an gehöriger Methode in der Untersuchung und Verwechslung von Milchsaftgefässen mit Milchsaft- und Harzgängen sind an dieser Verwirrung der Begriffe schuld.

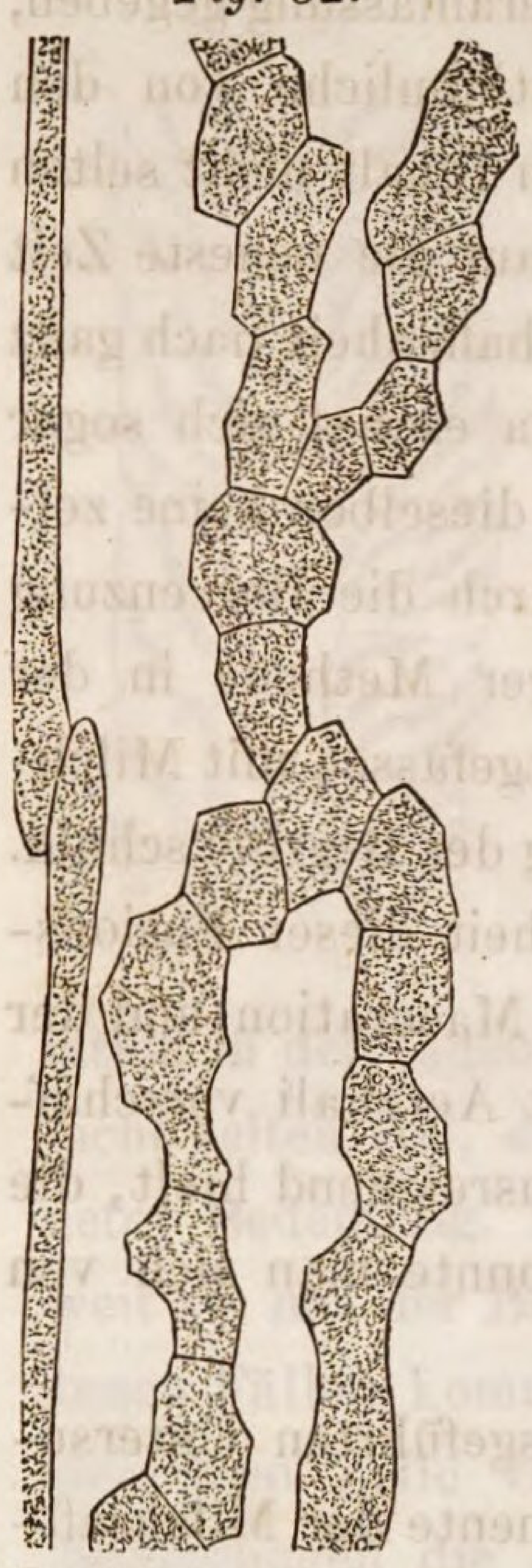
Eine klare Ansicht von der Beschaffenheit dieser Fusionsgebilde liess sich nur durch die Methode der Maceration und der Trennung der Gewebstheile durch Kochen mit Aetzkali verschaffen. So lange man das anatomische Messer ausreichend hielt, die Natur der Milchsaftgefässe zu erforschen, konnte man sich von wiederholten Irrthümern nicht frei machen.

Aus vielfachen nach jener Methode ausgeführten Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass die Elemente der Milchsaftgefässe stets Zellen von einem eigenthümlichen flüssigen Inhalte sind. Diese Zellen erscheinen entweder als kurze oder lange cylindrische oder als einfach oder wiederholt verzweigte Schläuche, deren Endtheile und Zweige häufig mit einander verschmelzen, so dass daraus ein System von communicirenden Röhren hervorgeht.

Welchen Umfang dieselben einnehmen, ob sämmtliche milchsaftführende Zellen einer Pflanze zu einem Ganzen vereinigt sind, oder, was wahrscheinlicher ist, ob dieselben theilweise vereinzelt, theilweise zusammenhängend vorkommen, ist bisher noch nicht ermittelt und verlangt jedenfalls eine sehr umständliche Untersuchung.

§. 80. Die Milchsaftgefässe nehmen sowohl nach den verschiedenen Pflanzentheilen als nach der Natur der Pflanzen, in denen sie vorkommen, eine verschiedene Gestalt an. Dieselbe bezieht sich erstens auf die Grösse, Einfachheit oder Verzweigung der Elementartheile, zweitens auf die Art und Weise ihrer Aneinanderreihung und drittens auf die Form und den Grad der Verschmelzung untereinander. Demnach lassen sich drei Stufenvserschiedenheiten wohl unterscheiden, welche man a) als einfache, b) als verzweigte und c) als netzförmige Milchsaftgefässe bezeichnen kann. In der Regel sind alle Milchsaftgefässe dünnwandig und sehr zart, zuweilen erlangt ihre Wand eine nicht unbedeutende Dicke und Zähigkeit.

Fig. 52.



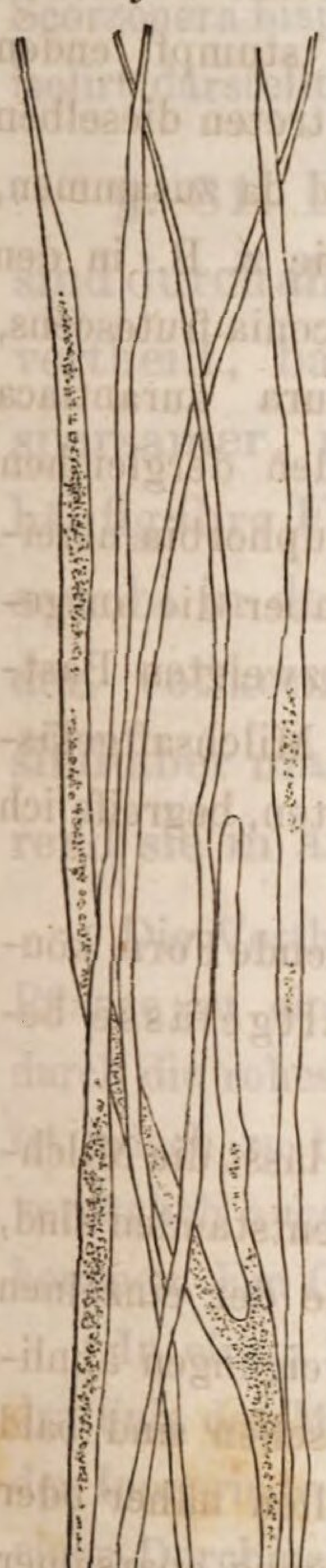
Die Mannigfaltigkeit der Milchsaftgefässe nach der Gesammtform und nach der Beschaffenheit der Wände ist so gross, dass es, ohne

Fig. 52. *a* Milchsaftgefäss aus der Wurzel von *Chelidonium majus* mit gelbem körnigen Milchsafte erfüllt. Vergr. $^{150}/_{1}$; *b* Milchsaftgefäss aus dem Stengel von *Chelidonium majus* an der Verbindungsstelle zweier Elemente. Vergr. $^{240}/_{1}$.

tiefer in ihre Entwicklungsgeschichte einzugehen, schwer hält, das Zusammengehörige unter einen Begriff zu vereinigen und das Zufällige von dem Wesentlichen zu sondern.

Vorläufig kann man über die Verschiedenheit derselben nur so viel sagen, dass sie auf der tiefsten Stufe als einfache über einander gestellte und noch nicht mit einander verschmolzene Zellen erscheinen. Diese Form haben die Milchsaftgefässe im Rhizome von Sanguinaria canadensis, in der Wurzel von Chelidonium majus u. s. w. *(Fig. 52 a)*. Auf einer höheren Stufe der Ausbildung strecken sich die milchsaftführenden Zellen beträchtlich und werden in der Regel dabei schmäler. Ihre Enden schwellen etwas an, legen sich an einander und verschmelzen zu einer gemeinsamen Röhre. Diese Form lässt sich z. B. im Stengel von Chelidonium sehr wohl erkennen *(Fig. 52 b)*. Beide Formen lassen sich als einfache Milchsaftgefässe bezeichnen. Eine dritte Form erscheint als sehr langgestreckte, cylindrische, hie und da angeschwollene und sparsam verzweigte Schläuche, deren Enden in unermessbare Spitzen auslaufen oder sich mit andern vereinigen und verschmelzen *(Fig. 53)*. Die Milchsaftgefässe im Blattstiele der Musa sapientum im Stamme von Ficus elastica und carica, Plumeria alba u. s. w. geben hiefür passende Beispiele. Eben so können die Milchsaftgefässe des Stammes (Mark und Rinde) von Alstonia scholaris, Euphorbia Tirucalli und Tabernaemontana citrifolia, Chelidonium majus, in welchen die Verzweigung deutlicher erscheint, noch angeführt werden.

Fig. 53.



a a b c a

Fig. 53. a a a Mehrere Milchsaftgefässe aus dem Marke und *b* aus der Rinde von *Ficus elastica; c* aus dem Marke von *Plumeria alba.* Vergr. $^{150}/_{1}$.

Die Länge der einzelnen milchsaftführenden Zellen scheint in der Regel sehr beträchtlich zu sein. Ein im Durchmesser durchaus gleiches Milchsaftgefäss von $^1/_{76}'''$ Weite, aus dem Marke des Stammes von Plumeria alba, erschien bei einer Länge von $^1/_2$ Zoll noch als eine oben und unten fortsetzende Röhre.

Eine weitere Vervollkommnung des Milchsaftgefässes besteht in der reichlichen Verästlung seiner Elementartheile. Während im Stamme dergleichen Verzweigungen meist stumpf enden *(Fig. 4, f)*, oder in sehr feine Spitzen auslaufen, treten dieselben in den Blättern und andern Anhangstheilen hie und da zusammen, und bilden weitmaschige Netze von Gefässen, wie z. B. in den Blättern von Hoja carnosa, Bocconia frutescens, Dischidia bengalensis, Maclura aurantiaca *(Fig. 54)*. Nicht selten werden dergleichen Gefässe dickwandig, wie bei Euphorbia nereifolia, E. erosa u. s. w. Wie aber die ausgezeichnetsten Anatomen die verzweigten Bastzellen dieser Pflanzen mit den Milchsaftgefässen derselben verwechseln konnten, begreife ich nicht.

Fig. 54.

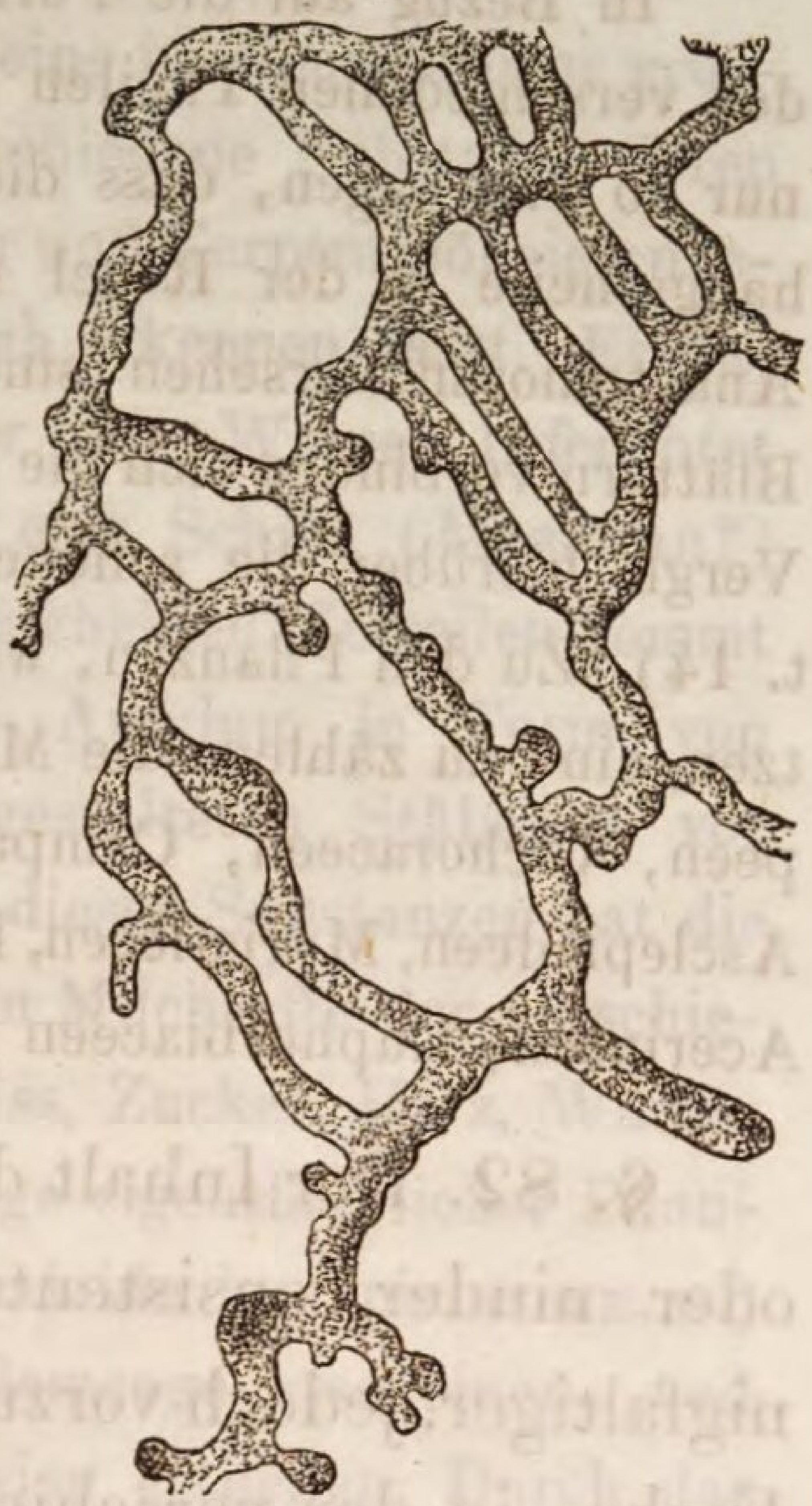


Diese so wie die vorhergehende Form können als verzweigte Milchsaftgefässe bezeichnet werden.

Die fünfte und letzte Stufe lässt die Milchsaftgefässe als Gefässnetze erkennen, die dadurch entstanden sind, dass die zahlreichen Zweige und blinden Fortsätze der einzelnen Milchsaftzellen sich fast sämmtlich mit den Verzweigungen ähnlicher Zellen verbinden. Die daraus gebildeten Maschen sind bald enger bald weiter, je nachdem die copulirten Zellen näher oder entfernter von einander standen und die Verzweigung sparsamer

Fig. 54. Milchsaftgefäss aus dem Perigonium von *Maclura aurantiaca*. Die milchsaftführenden Zellen haben sich schon verbunden oder stehen im Begriffe sich unter einander zu verbinden. Vergr. $^{100}/_1$.

Fig. 55.



oder reichlicher war. Es sind diess die netzförmigen Milchsaftgefässe. Hieher gehören ganz vorzüglich die Milchsaftgefässe der Cichoraceen, wie *Fig. 55* ein Stück eines solchen Gefässes aus der Rinde der Wurzel von Scorzonera hispanica durch Maceration isolirt darstellt.

§. 81. Die Milchsaftgefässe sind durch alle Organe der Pflanze vertheilt, bald zahlreicher bald sparsamer, und wechseln dabei häufig ihre Form. Sie erscheinen sowohl in den einfachsten als in den vollkommensten Pflanzen, sind aber manchen Gruppen ganz vorzüglich eigen, während sie in andern zu fehlen scheinen.

Die Vertheilung der Milchsaftgefässe durch alle Organe der Pflanze ist eine Thatsache, von der man sich in vielen Fällen durch die roheste Behandlung zu überzeugen im Stande ist. Dabei ist jedoch zu bemerken, dass es allerdings Stellen gibt, wo sie vorzüglich angehäuft sind, während sie an andern sparsamer vorkommen. Ein Gesetz hierüber kenne ich nicht.

In einem Zweige von Plumeria alba fand ich auf einer Quadratlinie des Markes 237 Milchsaftgefässe, auf einer Quadratlinie der Innenrinde 250. Die Milchsaftgefässe hatten durchschnittlich einen Durchmesser von 0.0116‴. Bei den meisten andern Pflanzen ist diess Verhältniss weit geringer.

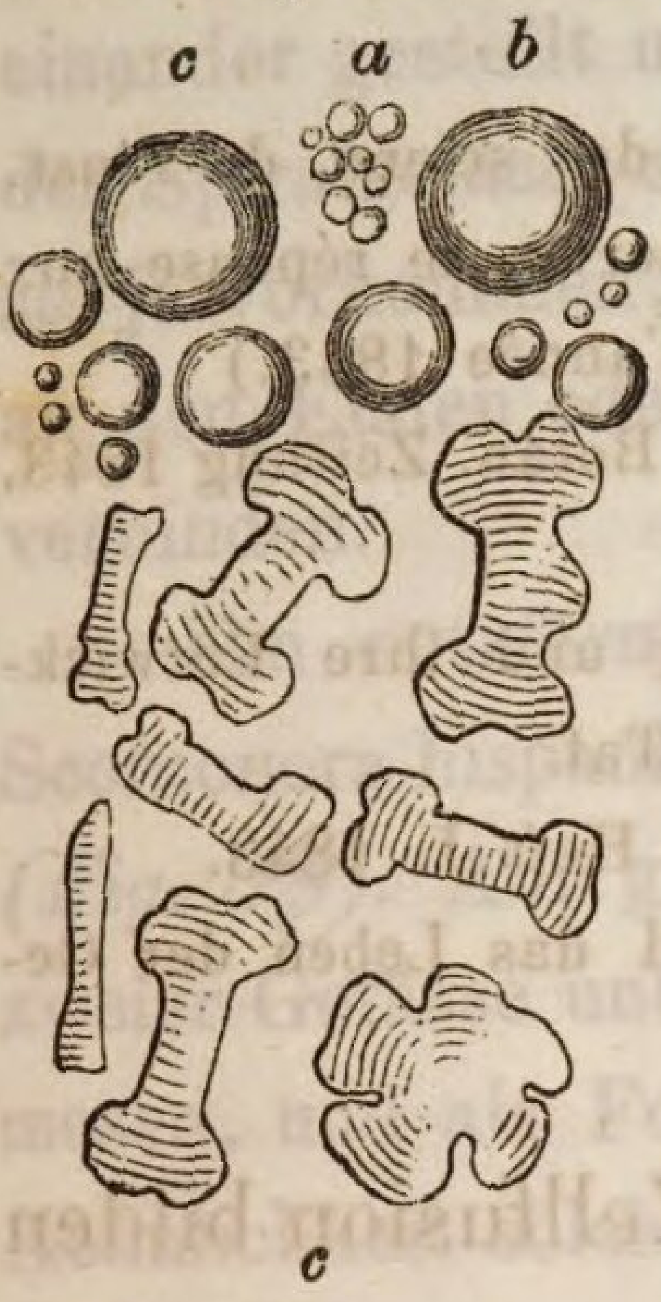
Fig. 55. Gefässnetz aus der Rinde der Wurzel von *Scorzonera hispanica* durch längeres Maceriren aus der Verbindung mit dem Zellgewebe isolirt. Vergr. $^{150}/_{1}$.

In Bezug auf die Formveränderung der Milchsaftgefässe in den verschiedenen Theilen einer und derselben Pflanze kann man nur so viel sagen, dass die Knoten des Stengels und seine Anhangstheile in der Regel mit zahlreicheren Verzweigungen und Anastomosen versehen sind als die übrigen Axentheile. In den Blättern verbinden sich die einfachsten Milchsaftgefässe zu Netzen. Vergl. hierüber die schöne Abbildung von Meyen (Phytotomie t. 14). Zu den Pflanzen, welche reichliche Milchsaftgefässe besitzen, sind zu zählen: die Musaceen, Aroideen, Moreen, Artocarpeen, Cichoraceen, Campanulaceen, Lobeliaceen, Apocinaceen, Asclepiadeen, Myristiceen, Papaveraceen, Clusiaceen, Hypericineen, Acerineen, Euphorbiaceen u. s. w.

§. 82. Der Inhalt der Milchsaftgefässe ist eine mehr oder minder consistente granulöse Flüssigkeit von mannigfaltiger, jedoch vorzugsweise opaker oder milchweisser Farbe, in der verschiedene Körperchen enthalten sind. Auch in den jüngsten Zuständen ist der Inhalt der milchsaftfassenden Zellen wenig anders als in ihrem ausgebildeten Zustande.

Der flüssige Inhalt der Milchsaftgefässe ist sowohl von verschiedener Farbe als Consistenz. In ersterer Beziehung lässt er sich als eine durchsichtige wasserklare, ferner als eine opake, milchweisse, gelbe, röthliche, blutrothe, ja selbst grüne und grünbraune Flüssigkeit bezeichnen; in letzterer Beziehung wechselt er von wässeriger Beschaffenheit bis zur dickflüssigen Consistenz. Gewöhnlich ist er von milchweisser Farbe und von der Consistenz der Kuhmilch. Selbst bei starker Vergrösserung lassen sich in derselben nichts anders als unendlich kleine punctförmige Kügelchen wahrnehmen, die in der Regel unmessbar klein sind und z. B. in Ficus elastica kaum den Durchmesser von $^1/_{700}'''$ erreichen *(Fig. 56 a)*. Grösser werden diese Kügelchen in dem Milchsafte von Sambucus Ebulus und in Musa paradisiaca, wo sie $^1/_{136}$ bis

Fig. 56.



$^1/_{83}'''$ erreichen *(Fig. 56 b, c)*. Diese Punctmasse ist nichts als eine in kleinern oder grössern Tropfen ausgeschiedene Substanz, deren Löslichkeit in Aether und Terpentinöl sie unbezweifelt als Kautschuk erkennen lässt. Eingetrocknet und wieder mit Wasser befeuchtet lässt sich an ihnen eine Schale (Membran?) von dem Inhalte unterscheiden. Zuweilen kommt im Milchsafte auch Amylum in Form von kleinen sonderbar gestalteten Stäbchen vor *(Fig. 56 c)*. Ausser diesen Substanzen hat die chemische Analyse im Milchsafte der verschiedenen Pflanzen auch noch Gummi, Eiweiss, Zucker, Harz, Wachs, verschiedene Salze und eine grosse Menge eigenthümlicher Pflanzenstoffe von alkalinischer Natur (die Alcaloide des Opiums u. s. w.) nachgewiesen, welche alle in einem Gemenge erscheinen, und demselben häufig die Form einer Emulsion ertheilen. Durch das Vorhandensein oder das Vorwiegen dieser oder jener Bestandtheile kann der Milchsaft einmal von milder angenehmer Beschaffenheit sein, wie z. B. der Milchsaft des amerikanischen Kuhbaumes (Galactrodendron utile Humb. und Tabernaemontana utilis Arn.) und als Nahrungsmittel dienen, oder er wird durch seinen bedeutenden Gehalt an Kautschuk in der Technik wichtig, wie z. B. der Milchsaft von Isonandra Gutta, welcher die Gutta Percha und der Milchsaft von Siphonia elastica, Ficus elastica u. s. w., welche das Kautschuk liefern. So wie die Milchsäfte von Agaricus piperatus, von Antiaris toxicaria u. s. w. zu den giftigsten Substanzen gerechnet werden, ist der Milchsaft des Mohns (Papaver orientale), des Euphorbium officinarum, der Cambogia Gutta, der Lactuca virosa u. s. w. als Opium, Euphorbium, Gummigutt, Lactucarium u. s. w. theils als Berauschungsmittel, theils als Heilmittel für die menschliche Gesellschaft von Wichtigkeit geworden.

Fig. 56. *a* Milchsaftkügelchen von *Ficus elastica*; *b* von *Sambucus Ebulus*; *c* von *Musa paradisiaca*. Vergr. $^{240}/_1$. Stabförmiges Amylum aus dem Milchsafte von *Euphorbia erosa*. Vergr. $^{333}/_1$.

C. H. Schulz, Die Cyclose des Lebenssaftes in den Pflanzen. Nova Acta A. N. C. XVIII. P. II. 1841.

Idem, Mém. prés. par divers savants à l'acad. roy. des scienc. de l'inst. France VII. 1841 p. 1 — 105. (Mémoire pour servir de réponse aux questions de l'académie royale des sciences pour l'année 1833.)

H. v. Mohl, Ueber den Milchsaft und seine Bewegung. Botan. Zeitung 1843, p. 553.

Ein Ungenannter, Die Milchsaftgefässe, ihr Ursprung und ihre Entwicklung. Botan. Zeitung 1846. Stk. 49, 50, 51. 2 Taf.

H. F. Link, Anatomia plantarum iconibus illustrata. Heft I. 1843.

H. Schacht, Die Pflanzenzelle, der innere Bau und das Leben der Gewächse. 1852.

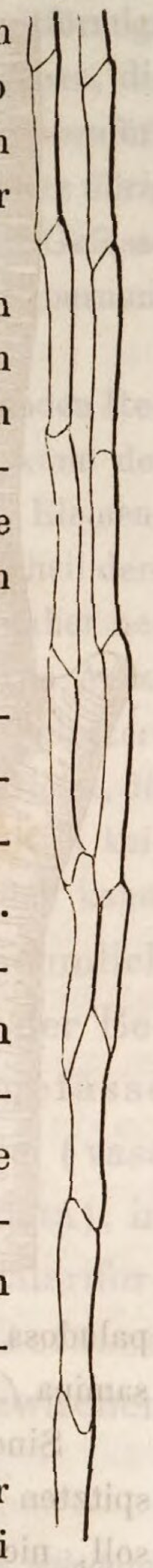
§. 83. Die nächst höhere Stufe der Zellfusion bilden die Spiroiden oder Spiralgefässe (vasa spiralia). Dieselben werden stets aus über einander stehenden kürzeren oder längeren cylindrischen durch mannigfach configurirte Verdickungsschichten ausgezeichnete Zellen gebildet, deren Berührungsflächen vollkommen mit einander verschmelzen um sich in eine gemeinsame Röhre zu vereinigen.

Obgleich die Spiralgefässe schon den frühesten Pflanzenanatomen durch die Zierlichkeit ihrer Form auffielen, so gehörten doch beinahe anderthalb Jahrhunderte bis auf H. v. Mohl dazu, um ihren Bau vollständig erkannt zu haben. Allein demungeachtet ist es beinahe unverzeihlich, wie man nach der Entdeckung von den Spiralfaserzellen die Spiralgefässe mit denselben in einen Topf zusammenwerfen konnte. Nur eine gänzliche Verkennung derselben als Fusionsgebilde ist schuld an dieser die Anatomie keineswegs aufklärenden, sondern vielmehr verwirrenden Ansicht.

Die Spiroiden unterscheiden sich von den Milchsaftgefässen nicht blos durch ihren Inhalt und durch die Beschaffenheit der Zellwand, sondern auch durch die Form der Zellen und die Art ihrer Aneinanderreihung. Die Zellen der Spiroiden sind nie verzweigt, nie mit Fortsätzen und Aussackungen versehen, sondern gleichen

durchaus cylindrischen Schläuchen, die in Reihen über einander gestellt und vereiniget sind. Die Verzweigungen der Spiralgefässe sind daher nur scheinbar und gehen, wo sie ja vorkommen, dadurch hervor, dass zwei Zellen sich an den Enden oder zum Theile auch seitlich mit einander verbinden.

Fig. 57.



Ein netzförmiges Spiralgefäss aus der Wurzel von Scorzonera hispanica mag das Gesagte anschaulich machen (*Fig. 57*). Auf gleiche Weise gehen auch Verbindungen zweier Gefässe unter einander vor sich, wodurch Anastomosen, und als Folge dessen Gefässnetze entstehen. Die Aehnlichkeit solcher Gefässe mit einigen Milchsaftgefässen (*Fig. 54*) springt in die Augen.

§. 84. Die Verschmelzung der Spiralgefässzellen zum Spiralgefässe ist eine mehr oder minder vollkommene, in Folge dessen die Berührungsflächen ganz oder zum Theile resorbirt werden. Die einzelnen Elementartheile münden daher entweder nur durch eine grosse Oeffnung oder durch mehrere kleinere kreisförmige, elliptische, streifenförmige u. s. w., oder ganz unregelmässige Löcher in einander. Auch im vollkommen ausgebildeten Spiralgefässe lassen sich die einzelnen Elemente durch chemische Mittel noch von einander trennen.

Durch die Verbindung der Zellen unter einander zur Bildung eines Spiralgefässes treten für dieselben mancherlei Eigenthümlichkeiten hervor, die einer näheren Betrachtung

Fig. 57. Ein verzweigtes Spiralgefäss aus der Wurzel von *Scorzonera hispanica*. Vergr. $^{150}/_{1}$.

Fig. 58.



werth sind. Was zuerst die Aneinanderreihung betrifft, so ist diese im Allgemeinen zweifach. Entweder berühren sich die cylindrischen Zellen mit horizontalen oder mit schiefen Endflächen. Geht die Neigung der schiefen Flächen so weit, dass sie mit der langen Achse der Zelle einen sehr spitzen Winkel bildet, so ist die Vereinigung solcher Elementartheile eine fast seitliche zu nennen. Ohne Zweifel hängen diese Verhältnisse mit der mehr oder minder genauen Uebereinanderstellung der Gefässelemente in Folge der Lage und Entwicklung der angrenzenden Elementartheile, so wie mit einer mehr einseitigen Ausbildung dieser selbst zusammen.

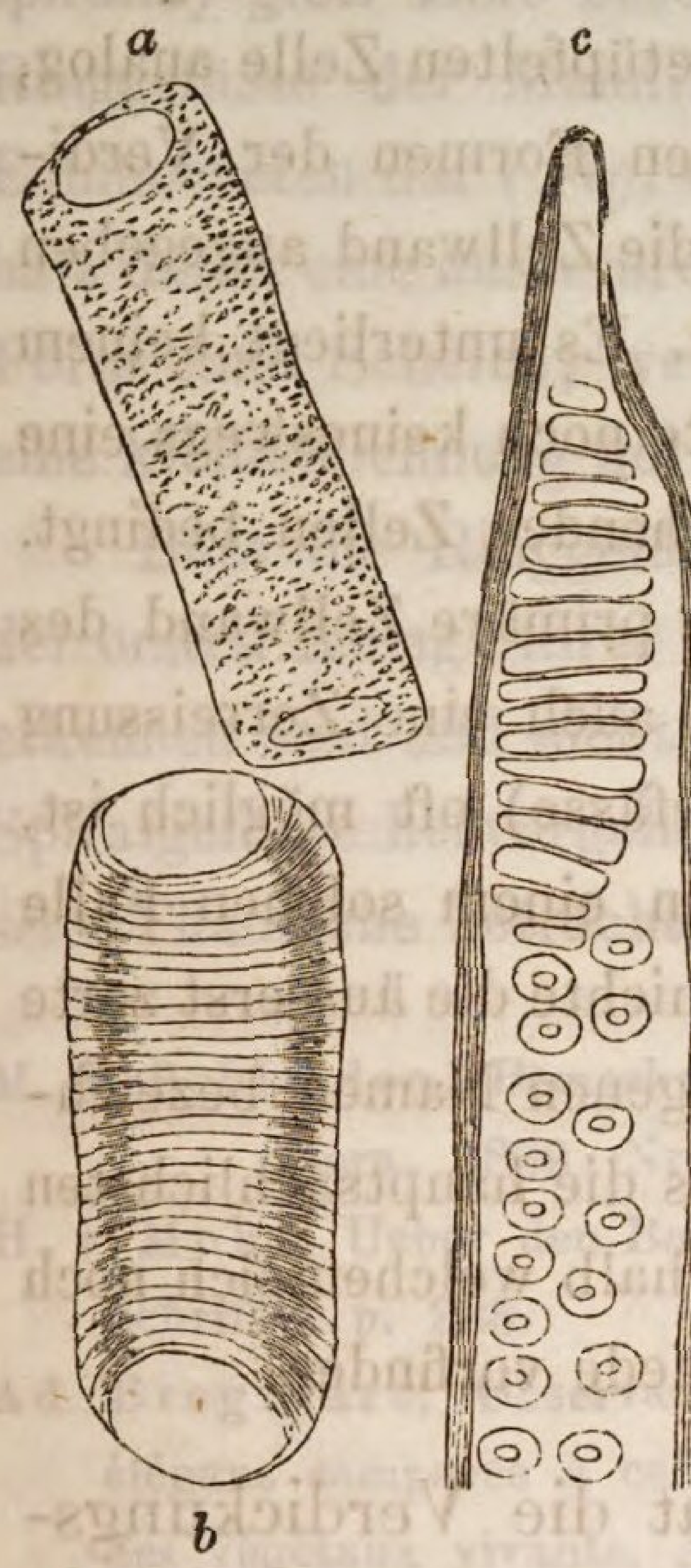
Beistehende Abbildung eines Gefässes aus der Wurzel von Scorzonera hispanica *(Fig. 58)* zeigt dergleichen Verbindungen von vier Gefässzellen.

Rücksichtlich der Veränderung der Berührungsflächen herrscht das Gesetz, dass horizontale Flächen ganz, schiefe dagegen häufig nur zum Theile aufgelöset werden. Bei weitem häufiger tritt der erste Fall ein, wie das die Gefässelemente aus der Wurzel der Anona paludosa *(Fig. 59 a)* und aus dem Stengel von Impatiens Balsamina *(Fig. 59 b)* zeigen.

Sind die Gefässzellen spindelförmig, so können sich ihre zugespitzten Enden, wenn anders die Verbindung eine innigere sein soll, nicht anders als seitlich berühren. Eine solche seitliche Berührung hat jedoch häufig nur eine theilweise Resorption der

Fig. 58. Vier Glieder eines netzförmigen Spiralgefässes aus der Wurzel von *Scorzonera hispanica*. Vergr. $^{333}/_{1}$.

Fig. 59.



Berührungsflächen zur Folge. Es entstehen dadurch sowohl runde als spaltförmige und mannigfaltig configurirte Löcher, die enge an einander stehend ein treppenförmiges oder weitmaschiges Fasernetz übrig lassen. Beispiele hiefür geben die Gefässe von Ephedra, Alnus, Betula, Viburnum u. s. w. (*Fig. 59 c*).

Bei der allgemein stattfindenden Resorption der Berührungsflächen kann der Zusammenhang der vereinigten Elementarorgane nur auf einen kleinen Theil derselben beschränkt sein. Es ist daher begreiflich, dass bei Anwendung von Aetzkali oder chlorsaurem Kali mit Salpetersäure eine Trennung derselben erfolgt, die jedoch durch mechanische Gewalt in keinem Falle bewerkstelliget werden kann.

§. 85. Man unterscheidet die Spiroiden vornehmlich nach dem Baue der Membran, und zwar nach der Beschaffenheit ihrer Verdickungsschichten in Ringgefässe (vasa annularia), in einfache Spiralgefässe (vasa spiralia simplicia), in Netzgefässe (vasa reticulata), in Treppengefässe oder Treppengänge (vasa scalariformia), und endlich in getüpfelte oder poröse Gefässe (vasa areolata v. porosa). Uebergangsformen zwischen je zwei verwandten Bildungen sind nicht selten.

Fig. 59. a Gefässelement eines getüpfelten Gefässes aus *Anona paludosa*. Vergr. $^{110}/_{1}$.

b Gefässelement eines einfachen Spiralgefässes aus dem Stengel von *Impatiens Balsamina*. Vergr. $^{150}/_{1}$.

c $^{1}/_{3}'''$ lange Gefässzelle aus dem Holze von *Viburnum Lantana* Vergr. $^{390}/_{1}$.

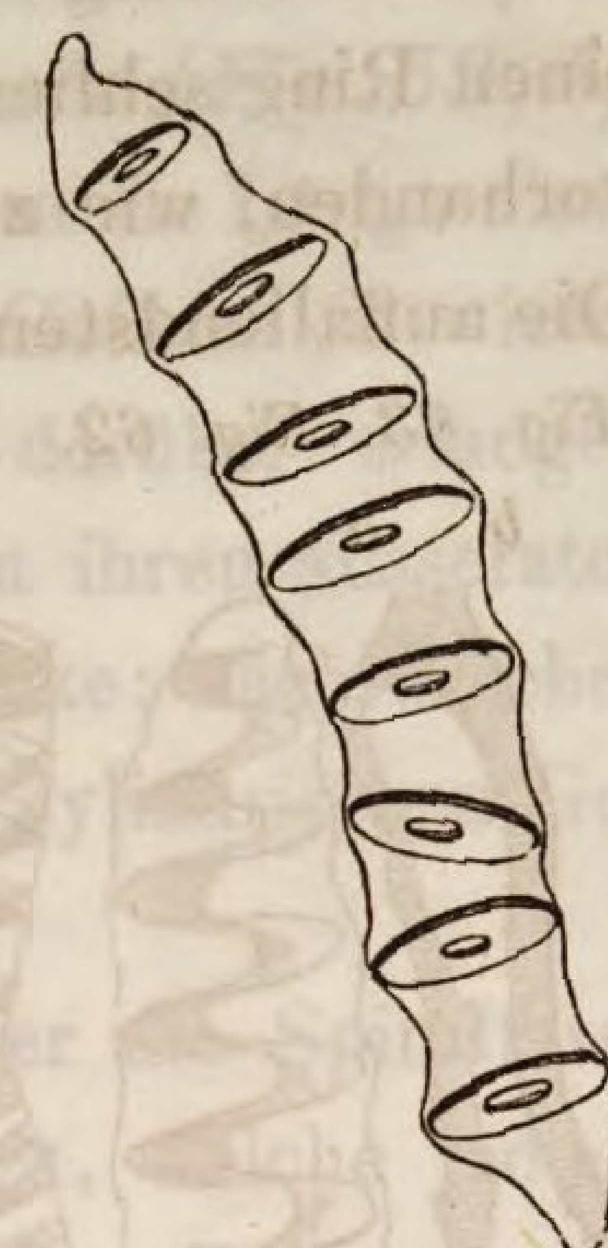
Der Bau der Spiroiden ist ganz und gar dem Baue der Spiralfaserzelle, Netzfaserzelle u. s. w. und der getüpfelten Zelle analog, so dass, was bereits über diese verschiedenen Formen der Verdickungsschichten bei der Betrachtung über die Zellwand angegeben wurde, auch hier seine Anwendung findet. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Analogie in diesem Puncte noch keineswegs eine Gleichheit der Spiroiden mit den entsprechenden Zellen bedingt. Dass die Verdickungsschichten stets an die primäre Zellwand des Gefässschlauches angewachsen sind, wenn auch eine Zerreissung des Gefässes in Fasern (abrollbare Spiralgefässe) oft möglich ist, versteht sich von selbst. Man übersieht in einem solchen Falle gegen die derbe faserförmige Verdickungsschichte die äusserst zarte primäre Zellmembran. Die fünferlei mit eigenen Namen bezeichneten Formen der Spiroiden können nur als die hauptsächlichsten Verschiedenheiten angesehen werden, innerhalb welchen sich noch mancherlei grössere oder kleinere Unterschiede vorfinden.

§. 86. In den Ringgefässen hat die Verdickungsschichte die Form von über einander gestellten in sich zurücklaufenden Ringfasern. Diese verdicken sich zuweilen ausserordentlich, und erhalten dadurch die Form von durchbrochenen Scheiben. Häufig löst sich die Ringfaser durch Verzweigung in Spiralen auf, oder es werden diese durch Niederdrückung und Vereinigung zu Ringfasern.

Die Ringgefässe sind gegen die übrigen Gefässformen am wenigsten zahlreich und besitzen die geringste Verbreitung, obgleich sie die ursprünglichste Form der Spiralgefässe zu sein scheinen. Sie finden sich in den Equisetaceen vorherrschend und nehmen in den Gefässbündeln der Mono- und Dicotyledonen nur eine untergeordnete Stellung ein. Meist sind sie mit den einfachen Spiralgefässen vergesellschaftet und durch mannigfaltige Uebergänge charakterisirt, so dass es meist nur Ring-Spiralgefässe (vasa annulari-

spiralia) gibt. Eine besondere Form stellen die Ringgefässe der Mamillarien, Melocacten und Echinocacten dar *(Fig. 60)*. Die Ringfaser enthält durch eine ausserordentliche Verdickung die Form einer Scheibe, welche in der Mitte durch eine kleine Oeffnung durchbrochen ist.

Fig. 60.



Dass die Ringgefässe als solche schon in der ersten Anlage ihrer Verdickungsschichten zu erkennen sind und nicht durch Umwandlung der Spiralgefässe hervorgehen, kann als eine erwiesene Thatsache betrachtet werden.

M. J. Schleiden, Bemerkungen über Spiralbildungen in der Pflanzenzelle. Flora, 1839. Nr. 21, 22.

H. v. Mohl, Ueber den Bau der Ringgefässe. Flora, 1839. II. Vermischte Schriften p. 285.

Ad. Brogniart, Observations sur la structure intérieure du Sigillaria élégans comparée à celle des Lepidodendron et des Stigmaria et à celle des végétaux vivants. Arch. du Mus. d'hist. nat. 1839.

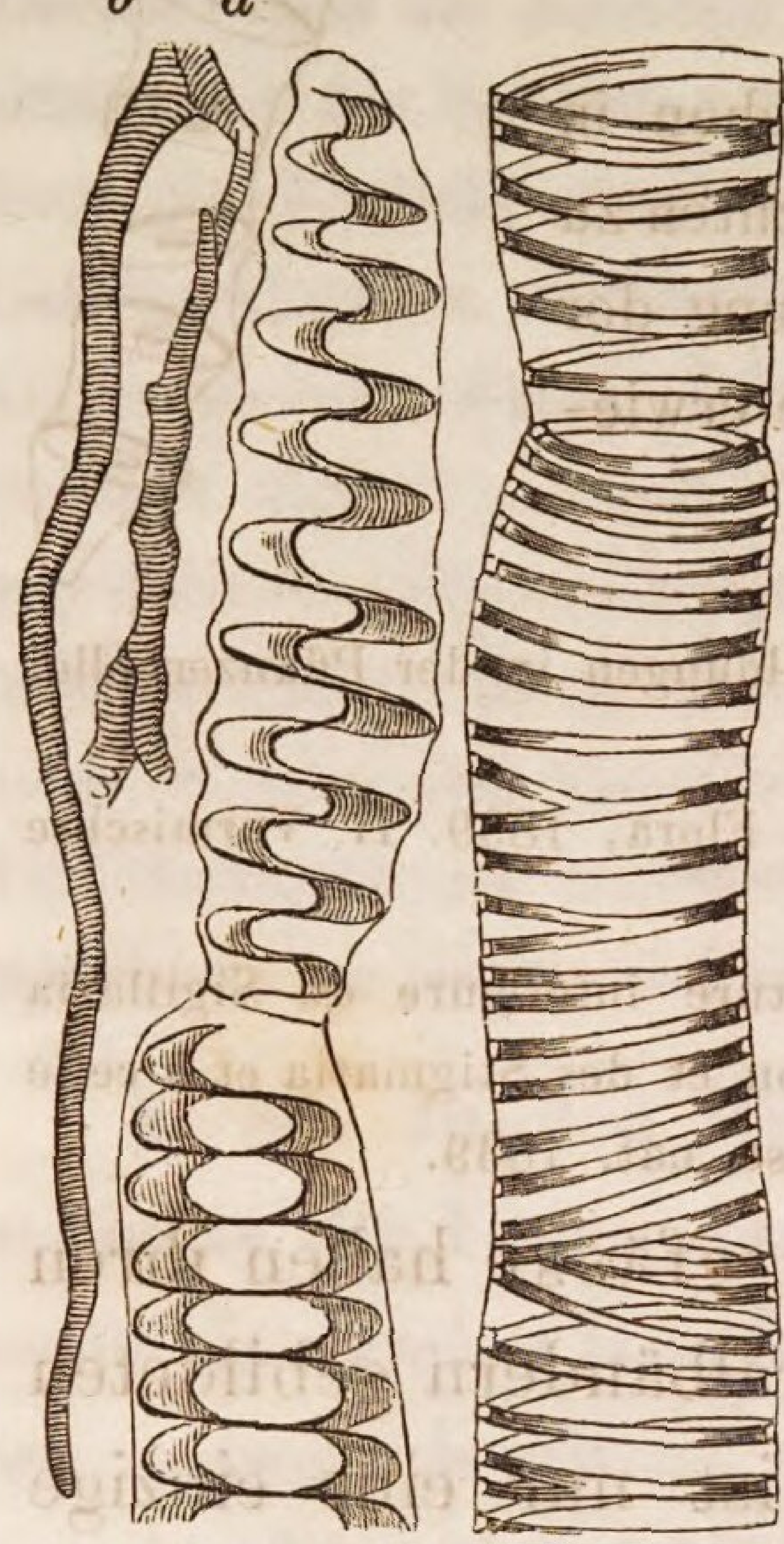
§. 87. Die einfachen Spiralgefässe haben ihren Namen von den in Form von Spiralbändern gebildeten Verdickungsschichten. Entweder ist nur eine einzige Spiralfaser, oder es sind mehrere parallel verlaufende Fasern, welche gewöhnlich durch Verzweigung der einen Faser entstehen, vorhanden. Selten gewinnt das Spiralband bei der gewöhnlichen Breite eine ungewöhnliche Dicke.

Die einfachen Spiralgefässe gehören zu den zierlichsten Bildungen der Elementartheile der Pflanzen. Die Verdickungsschichte der Gefässzellen erscheint hier in der Gestalt einer in grösseren oder geringeren Abständen gewundenen Spiralfaser, die sich nicht

Fig. 60. Gefässelement aus einem Ringgefässe des Holzkörpers von *Echinocactus Coptonogonus*. Nach Ad. Brogniart.

selten verzweigt und wieder vereinfacht und am Ende häufig in einen Ring schliesst. Zuweilen sind viele parallel laufende Fasern vorhanden, wie z. B. in den Gefässen des Blattstieles von Musa. Die auffallendsten Unterschiede entstehen indess aus der grösseren

Fig. 63. Fig. 62. Fig. 61.



oder geringeren Annäherung der Windungen der Spiralen, so dass daraus Spiralgefässe mit anschliessenden Spiralfasern (*Fig. 59, b*), und Spiralgefässe mit ausserordentlich steilen Spiralen hervorgehen. Ein Mittel zwischen beiden ist das Spiralgefäss aus dem Stengel von Impatiens Balsamina (*Fig. 61*). Ob das Auseinandertreten der Spiralfaserwindung eine Folge des nachfolgenden Wachsthumes der primären Zellmembran ist, will ich dahin gestellt sein lassen, obgleich einige Gründe dafür zu sprechen scheinen.

Die ungewöhnliche Verdickung der Spiralfaser bringt jene Verbreiterung hervor, die wir schon bei den Ringgefässen als eine absonderliche Erscheinung an gewissen Cacteen bemerklich machten (*Fig. 62*).

Die einfachen Spiralgefässe mit ihren Abänderungen und Zwischenbildungen gehören zu den verbreitetsten Spiroiden und kommen in allen Abtheilungen der mit denselben versehenen Gewächsen vor. Gewöhnlich sind die Elemente der einfachen Spiral-

Fig. 61. Stück eines einfachen Spiralgefässes aus dem Stengel von *Impatiens Balsamina*, aus drei Elementen zusammengesetzt. Vergr. $^{17}/_1$.

Fig. 62. Endtheil eines zweigliedrigen Spiralgefässes von *Echinocactus Coptonogonus*, nach Ad. Brogniart.

Fig. 63. a Letztes Glied eines Spiralgefässes aus dem Blatte von *Humulus Lupulus*, in Verbindung mit zweien nachbarlichen Gliedern.

b Dessgleichen von *Chelidonium majus*. Vergr. $^{240}/_1$.

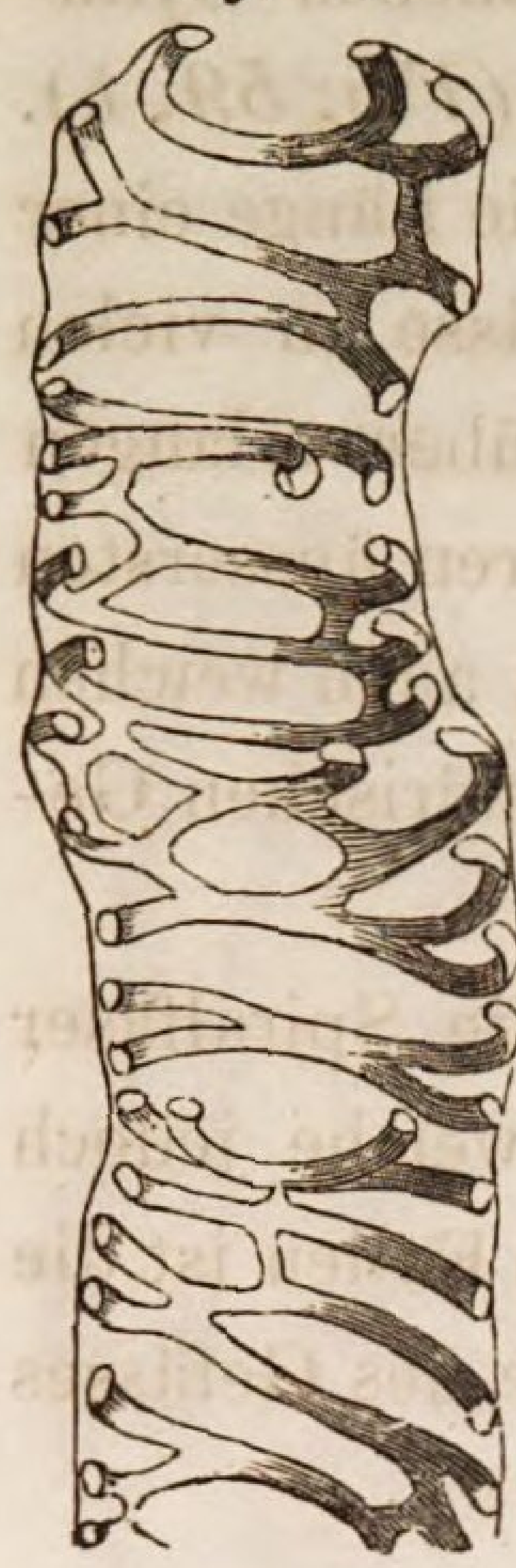
gefässe sehr lang gestreckt und gleichen vollkommenen Cylindern; bei weitem seltener werden die Glieder kurz *(Fig. 59, b)*. Erstere dürften bei einer geringen Weite zuweilen die Länge einer Linie und darüber erreichen. Während diese Gefässe in vielen Pflanzen einen Durchmesser von $^1/_{20}'''$ und darüber erlangen (Blattstiel von Musa), verschmälern sie sich an ihren äussersten Enden (den Blattnerven) zu fast unmessbarer Dicke; auch weichen dabei die Gefässzellen von ihrer regelmässigen cylindrischen Gestalt oft merklich ab *(Fig. 63 a, b)*.

Auch hinsichtlich der Richtung, in welcher die Spiralfaser gewunden ist, sind bestimmte Gesetze vorhanden, welche jedoch noch keineswegs näher bekannt sind In den meisten Fällen ist die Spiralfaser nach rechts gewunden (sich in die Achse des Gefässes gedacht, um welche die Schraubenlinie aufsteigt).

§. 88. Die N e t z g e f ä s s e haben, wie die Netzfaserzellen, ihren Namen von der netzförmigen Gestalt der Verdickungsschichte. Diese ändert nach den Extremen dahin ab, dass die Maschen des Netzes entweder sehr weit oder sehr eng werden. Im ersten Falle sind die Netzgefässe weitmaschig, im letztern nähern sie sich der siebförmigen und porösen Form.

Die Netzgefässe schliessen sich in ihren weitmaschigen Formen unmittelbar an die einfachen Spiralgefässe an, bei welchen die Verzweigung der einfachen Spiralfaser die erste Andeutung zur Bildung des Netzgefässes gibt, wo dann die Verzweigungen und Verbindungen der Zweige nur zahlreicher werden *(Fig. 64)*. Eine zweite Form, die sich den porösen Gefässen nähert, ist das engmaschige Netzgefäss *(Fig. 58)*. Hier erscheint die Verdickungsschichte kaum mehr als ein Fasernetz, sondern vielmehr als eine mehr oder minder fein durchlöcherte, siebförmige Platte. In den extremsten Fällen werden die Löcher oder Spalten auf kleine runde oder elliptische Puncte reducirt.

Fig. 64.



Dass das Netzgefäss schon in der ersten Anlage als solches gebildet wird, und seinen Ursprung keineswegs dem einfachen Spiralgefässe zu danken hat, hat H. v. Mohl (Die vegetab. Zelle p. 186) mit schlagenden Gründen dargethan und somit der ganzen Irrlehre von der Metamorphose der Spiralgefässe den Kopf zertreten.

Die Netzgefässe sind ganz vorzüglich in den monocotyledonen Pflanzen, aber auch nicht selten in den krautartigen Dicotyledonen vorhanden. Der Masse nach dürften sie die einfachen Spiralgefässe bei weitem übertreffen. Auch unter ihnen gibt es sehr weite Röhren.

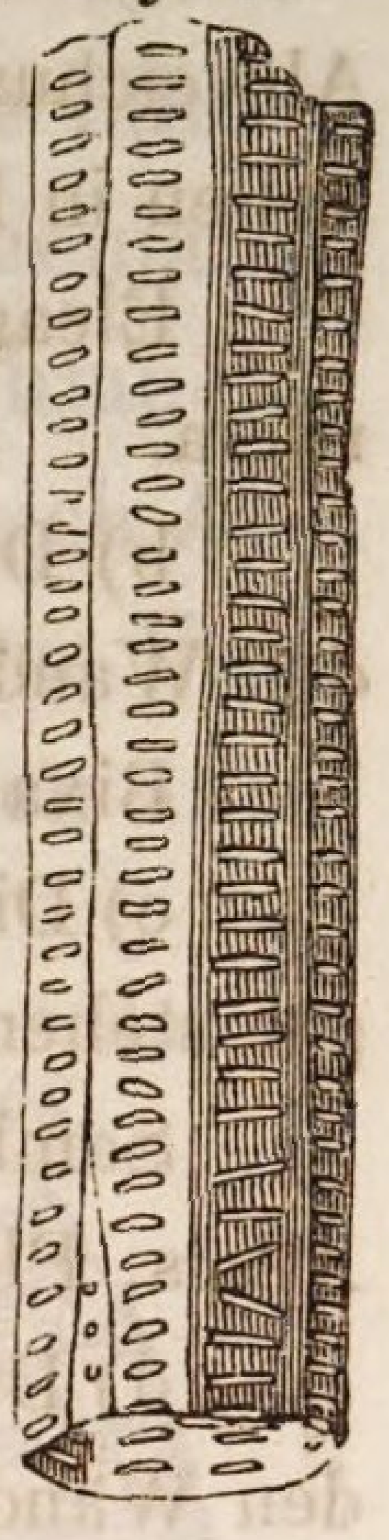
§. 89. Mehr als eine Abart der Netzgefässe denn als eigene Form sind die Treppengefässe oder Treppengänge zu betrachten, von den langen spaltförmigen und regelmässig über einander liegenden Löchern der Verdickungsschichten so genannt.

Während bei den bisher betrachteten Gefässen die Form und Vertheilung der Verdickungsschichten ganz und gar unabhängig von den angrenzenden Elementartheilen war, sieht man hier den Einfluss der letztern auf die Gestaltung der erstern nicht undeutlich hervortreten. Die Configuration der Verdickungsschichten ändert nach der Grösse und Form der anliegenden Elementartheile. Berühren sich Gefässe unmittelbar, so sind diese ihre Wandungen mit treppenförmigen Spalten besetzt, lagern sich Zellen an das Gefäss, so verkürzen sich die Spalten und gehen nicht über die Grenzen der Seitenflächen derselben hinaus. Die Ausdehnung und

Fig. 64. Netzgefäss aus dem Bulbus von *Corydalis Halleri*, nach der Länge durchschnitten und von Innen gesehen.

Vertheilung der Spalten und Tüpfel ist somit genau durch die Begrenzungen der anstossenden Elementartheile vorgezeichnet, und das Treppengefäss erhält somit nach der Stellung unter ähnlichen und verschiedenen Elementen eine verschiedene Gestaltung seiner Wände (*Fig. 65*).

Fig. 65.



Die Treppengefässe sind am ausgezeichnetsten in den Farn, Lycopodiaceen und den verwandten Pflanzenfamilien entwickelt. In einigen untergegangenen Geschlechtern sind mancherlei Modificationen derselben ausgeprägt.

§. 90. Die grösste Mannigfaltigkeit und Verbreitung besitzen die getüpfelten oder porösen Gefässe. Sie unterscheiden sich von den engmaschigen Netzgefässen nur dadurch, dass ihre Tüpfel mit einem Hofe umgeben sind, wodurch eben die Abhängigkeit ihrer Gestaltung von den angrenzenden Elementarorganen noch deutlicher hervortritt. Die Bildung des Tüpfelhofes beruht auf der gleichen Einrichtung wie bei Zellen, welche damit versehen sind.

Die getüpfelten Gefässe gehören ausschliesslich den dicotylen Pflanzen an und bilden einen namhaften Antheil an dem Holzkörper derselben. Sie gehen ausserordentliche Verschiedenheiten nach der Form, Grösse, Lage und Vertheilung ihrer Tüpfel ein. Die wesentlichsten Unterschiede beruhen auf der gleichmässigen oder ungleichmässigen Vertheilung der Tüpfel, wodurch entweder alle Seiten des Gefässes mit Tüpfeln versehen sind oder nicht, und in wieferne diese Anordnung von den angrenzenden Gewebetheilen abhängig ist. Es gehen daraus folgende Formen hervor:

Fig. 65. Treppengefäss aus dem Stamme von *Lycopodium clavatum*. Vergr. $^{360}/_{1}$.

a) Getüpfelte Gefässe, bei welchen die Gefässwandungen keine Abweichungen zeigen, sie mögen mit andern Gefässen oder mit Zellen in Berührung stehen.

Eleagnus acuminata, Clementis Vitalba, Broussonetia papyrifera.

b) Die Tüpfel der an die spindelförmige Holzzelle angrenzenden Wandungen sind weitläufiger gestellt.

Bixa Orellana, Acacia lophanta, Sophora japonica.

c) Die Tüpfel der an Prosonchymzellen anstossenden Wandungen stehen sehr entfernt, oder fehlen auf grösseren Strecken ganz.

Sambucus nigra, Betula alba, Corylus Avellana, Populus, Alnus, Platanus, Pyrus, Gymnocladus.

d) Die Tüpfel der an parenchymatische Holzzellen anstossenden Wände sind ohne Höfe.

Cassyta glabella, Bombax pentandrum, Hernandia ovigera.

e) Die Tüpfel der an ein anderes Gefäss anstossenden Wände werden treppenförmig, übrigens wie in d.

Chilianthus arboreus, Cynanchum obtusifolium.

Für alle diese verschiedenen Formen der getüpfelten Gefässe gilt das Gesetz, dass die Tüpfel sich in den anstossenden Elementartheilen genau entsprechen, und zwar sowohl rücksichtlich der Lage als rücksichtlich der Form und Richtung ihrer Längenachse. Die Tüpfel laufen ferner nie über die Kanten des Gefässschlauches, und richten sich in ihrer Lage ganz nach der Grösse der Seitenflächen der angrenzenden Elementartheile. Der Bau und die Entstehung der Höfe ist ganz dem der ähnlichen Zellen gleich. Dasselbe gilt auch von den Tüpfelcanälen.

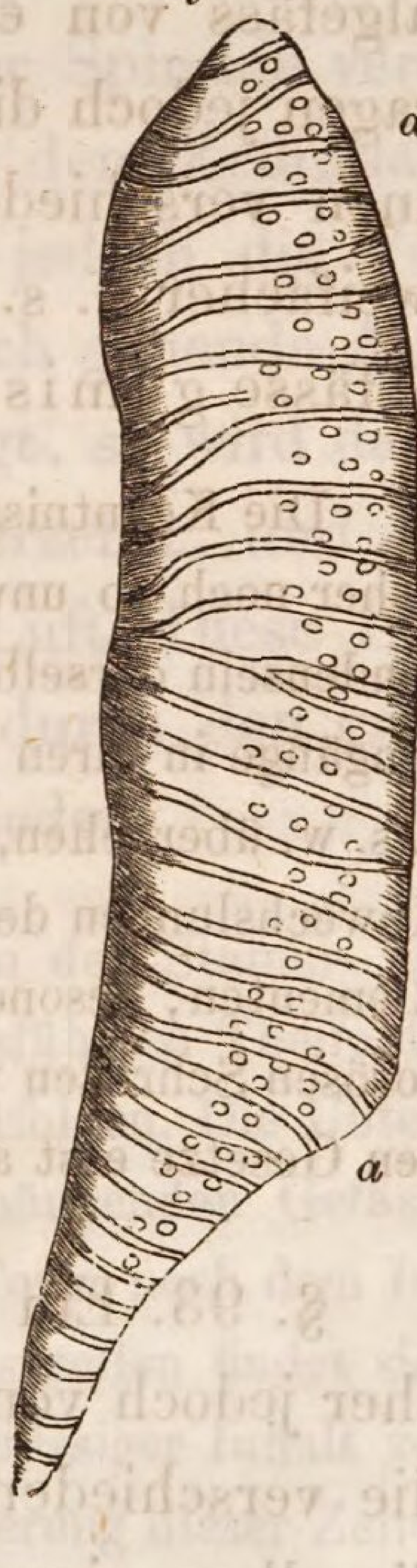
Als ein allgemeines Gesetz kann es betrachtet werden, dass sowohl die Höfe als ihre Tüpfelcanäle in die Quere gezogen sind. Wenn das erstere von dem elliptischen Umfange der Höhlung herrührt, hat das letztere in der spaltförmigen Erweiterung der Tüpfelcanäle nach innen zu seinen Grund.

H. v. Mohl, Einige Bemerkungen über den Bau der getüpfelten Gefässe. Linnaea, 1842. Verm. Schriften p. 272.

§. 91. Eine besondere durch eine eigene Bezeichnung zu fixirende Abart der getüpfelten Gefässe bilden die gestreift-getüpfelten Gefässe (vasa taeniato-porosa), die sich dadurch auszeichnen, dass ihre Schlauchhaut mit den porösen Verdickungsschichten zugleich Ablagerungen einer Spiralfaserschichte verbindet. Das Verhältniss dieser beiden Schichten ist so wie bei den analogen getüpfelten Spiralfaserzellen.

In wenigen Fällen tritt bei den Spiralgefässen eine eigenthümliche Combination von Spiralfasern und Tüpfeln ein, die ganz auf demselben Grunde, wie bei den ähnlichen Zellen, beruht. Auf die primäre Membran des Gefässschlauches folgt eine poröse Verdickungsschichte, und auf diese als innerste Ablagerung eine Spiralfaserschichte. Zugleich findet an den Tüpfeln die linsenförmige Trennung und dadurch die Bildung von Höfen statt. Die Gefässe des Holzes der Linde, des Weinstockes, der Vogelpflaume u. s. w. liefern einige Beispiele *(Fig. 66)*.

Fig. 66.



Auch hier erfolgt, wie in ähnlichen gestreift-porösen Zellen bei Taxus u. s. w., zuerst die Faserschichtbildung, und dann erst zwischen dieser und der primären Membran durch Intussusception die Bildung der porösen Schichte. Verfolgt man die Entstehung solcher Gefässe im jüngsten Holze (Cambium), so sieht man, wie sich auf die primäre Gefässhaut zuerst die Schichte

Fig. 66. Gefässelement eines gestreift-porösen Spiralgefässes aus dem Lindenholze. *aa* Die Seite mit Tüpfeln und Fasern, die an ein nebenstehendes Gefäss stosst. Vergr. $^{303}/_{1}$.

von Spiralfasern ablagert, deren Windungen noch ziemlich enge sind. Mit der Erweiterung des Gefässes werden sowohl die Spiralfasern als die Zwischenräume ihrer Windungen breiter, und es zeigen sich dabei die ersten Spuren von Tüpfeln ohne Hof, endlich auch dieser. Dass bei dieser Aufeinanderfolge die Entstehung der porösen Schichte keiner einfachen Ablagerung zugeschrieben werden kann, springt von selbst in die Augen.

§. 92. In der Regel bilden sich die zu einem gemeinsamen Schlauche verschmolzenen Zellen zu einem Spiralgefäss von einerlei Form aus, in einzelnen Fällen tragen jedoch die auf einander folgenden Gefässelemente einen verschiedenen Charakter, wodurch Gefässe von zweifacher u. s. w. Natur entstehen. Man nennt derlei Gefässe gemischte Gefässe (vasa mixta).

Die Kenntniss von den sogenannten gemischten Gefässen ist bisher noch so unvollkommen, dass man kaum mehr als das Vorhandensein derselben anzugeben im Stande ist. Dass z. B. Treppengänge in ihren oberen Elementen in Ringgefässe, Spiralgefässe u. s. w. übergehen, wird von Mohl angeführt, eben so, dass solche Abwechslungen der Gefässformen nach den auf einander folgenden Elementen, besonders bei Monocotyledonen, statt finden. (Verm. Schriften p. 278.) Die Zukunft muss die dabei herrschenden Gesetze erst ausfindig machen.

§. 93. Ein weiterer Unterschied der Spiroiden, welcher jedoch von untergeordneter Natur ist, erfolgt durch die verschiedene Länge der Gefässschläuche, wodurch dieselben einmal als langgliedrige Gefässe (vasa longearticulata) und als kurzgliedrige oder rosenkranzförmige Gefässe (vasa breviarticulata s. moniliformia) bezeichnet werden.

In der Regel ist die Länge der Gefässschläuche eines und desselben Gefässes sehr verschieden, doch finden sich im ausgebildeten Gefässe, wo kein Längenwachsthum mehr stattfindet, entweder alle Zellen lang und sehr lang, oder im Gegentheil so kurz, dass die Länge die Breite wenig oder gar nicht überschreitet. Man kann solche Gefässe, welche übrigens durch die Form ihrer Verdickungsschichten was immer für eine Beschaffenheit annehmen, als unveränderliche Formen füglich in langgliedrige und kurzgliedrige eintheilen. Es hat sich gezeigt, dass alle langgliedrigen Gefässe in den Knoten des Stengels zu kurzgliedrigen werden.

§. 94. Der Inhalt der sich zu einer Spiroide vereinigenden Zellen ist ursprünglich von dem Zellinhalte anderer Zellen nicht verschieden. Ist jedoch die Verschmelzung und die gleichzeitig vor sich gehende Ausbildung der secundären Schichten erfolgt, so wird dabei der flüssige Zellinhalt ganz und gar verzehrt, und das ausgebildete Spiralgefäss enthält nur Luft. Diese Luft ist von der atmosphärischen Luft nur durch den grösseren Reichthum von Sauerstoff verschieden.

Die Entstehung der Gefässe lässt sich an den Stamm- und Wurzelspitzen, so wie an dem übrigen bildungsfähigen Theile der Pflanzen (Cambiumschichte) nicht unschwer verfolgen. Die Untersuchung zeigt, dass die zu Reihen zusammenhängenden Gefässzellen von den umliegenden Zellen weder der Form noch dem Inhalte nach verschieden sind. Auch in den Gefässzellen findet sich in der ersteren Zeit noch ein Zellkern und ein flüssiger Inhalt von doppelter Natur. Mit der Streckung und Erweiterung dieser Zellen scheinen alsobald die Fusionsvorgänge eingeleitet zu werden, und so wie die Verdickungsschichten abgelagert sind, ist auch aller Inhalt (mit Einschluss des sich bald auflösenden Zellkerns) verschwunden, und die communicirenden Zellen enthalten nur Luft.

Bischoff hat diese Luft an Sauerstoff reicher als die atmosphärische Luft gefunden.

F. Unger, Genesis der Spiralgefässe. Linnaea, 1841 p. 385.

L. W. Th. Bischoff, De vera vasorum plantarum spiralium natura et functione. 1829. 8.

§. 95. Alle Complexe von Zellen sind nur durch den Zusammenhang derselben als Einheiten höherer Ordnung möglich geworden. Da mit der Individualisirung derselben jeder Anschluss eher aufgehoben als unterstützt wird, so ist zur Bewerkstelligung eines Complexes eine besondere Einrichtung nothwendig. Diese besteht darin, dass von der Oberfläche der Zelle eine Substanz ausgeschieden wird, welche die Vermittlung mit andern Elementartheilen übernimmt. Dieser Stoff, als eine zwischen Zellen befindliche Substanz, wird Intercellularsubstanz (substantia intercellularis) genannt.

Damit irgend ein Zusammenhang zwischen den Grundorganen des einigermassen entwickelten Pflanzenleibes stattfinden kann, ist ein Stoff von der Beschaffenheit eines klebenden Vereinigungsmittels, also eine Art von Kitt, unumgänglich nothwendig. Dieser ist es, welcher die Berührungsstellen der aneinander stossenden Elementartheile überzieht, und derart mit einander verbindet, dass eine Trennung derselben selbst bei Anwendung von grösserer Gewalt, nicht leicht erfolgt. Dieser Stoff heisst Intercellularsubstanz und ist ein Ergebniss der Ausscheidung, welche über die Grenze der Zellhaut erfolgt. Wir haben bereits in der Bildung der Hüllmembran eine ähnliche Ausscheidung der Zelle kennen gelernt.

Die Intercellularsubstanz ist chemisch noch nicht untersucht. Man weiss nur so viel, dass sie ähnlich wie die Cellulose reagirt, folglich von dieser sich nicht bedeutend unterscheiden kann. Seine nach längerer Zeit erfolgende Löslichkeit im Wasser, ferner seine leichte Auflösung im Aetzkali und Salpetersäure mit chlorsaurem

Kali bei der Siedhitze lassen ihn als hinlänglich verschieden von der Substanz der Zellwandung erkennen. Auf dieser Löslichkeit der Intercellularsubstanz beruht die Kunst, die Zellcomplexe in ihre organischen Elemente aufzulösen, ohne dass die Form derselben eine wesentliche Aenderung erfährt.

Aus der Art und Weise derjenigen Zellvermehrung, wodurch zusammenhängende Massen von Zellen (Complexe) entstehen, geht hervor, dass die Tochterzellen bei ihrer Entstehung auf ihrer Berührungsfläche immer auf das Innigste zusammenhängen, und dass erst in Folge ihrer weiteren Entwicklung die Individualisirung und somit die Trennung fortschreitet. Die erst entstandenen primären Membranen der Tochterzellen hängen an ihrer Berührungsfläche auch ohne Intercellularsubstanz zusammen, und die Ausscheidung derselben, welche in der Folge stattfindet, macht den Zusammenhang zwar nicht inniger, aber verhindert bei der grösseren Ausbildung und Abrundung der Tochterzellen ihre möglicher Weise leicht zu erfolgende Trennung. In den Fucoideen und Florideen, wo diess am leichtesten zu verfolgen ist, hat Nägeli anfänglich keine Intercellularsubstanz gefunden, allein ihre Entstehung späterhin beobachtet. Im Alter, wo der Intercellularstoff häufig chemisch verändert (in Gummi verwandelt) und zugleich von der Zellhaut resorbirt wird, tritt in der That eine Trennung der früher aufs genaueste mit einander verbundenen Zellen ein. (Im reifen Fruchtfleische, in der Narbe und im leitenden Zellgewebe des Griffels, in der Epidermis und dem Mesophyll mancher Blätter.)

Die Intercellularsubstanz ist in der Regel in unmerkbarer Menge zwischen den Zellen vorhanden und nur in ungewöhnlichen Fällen mehr angehäuft. Eine genauere Untersuchung hat gezeigt, dass man häufig die Grenzen der primären Zellmembran übersah und diese für Intercellularsubstanz annahm. Wer dieselbe aber durchaus leugnen wollte, weil sie nicht anatomisch darstellbar ist, den kann jeder Macerationsversuch, jede in Aetzkali u. s. w. gekochte Pflanzensubstanz vom Gegentheil überzeugen.

Höchst wahrscheinlich ist im Mantel einiger Ascidien (Phal-

lusia mamillaris) und Salpen, in der Fleischschicht von Thetium und anderer Spongienarten der Pflanzenzellstoff nur als Intercellularmasse vorhanden. (Archiv für Physiol. von Müller. 1851. p. 176.)

Dr. Albert Wigand, Intercellularsubstanz und Cuticula. Eine Untersuchung über das Wachsthum und die Metamorphose der vegetabilischen Zellmembran. 1850. 8.

§. 96. Jeder Complex von Zellen ist nur ein Resultat der Fortpflanzung der Zellen, in welchem die erzeugten Zellen nach bestimmten Gesetzen mit einander in Verbindung treten. Ephemer ist dieselbe in der Zellfamilie, bleibend in dem Zellgewebe, und zur Verschmelzung wird die Vereinigung der Zellgenerationen in den verschiedenen Formen der Zellfusion.

Jeder Complex von Zellen ist durch ein bestimmtes Gesetz beherrscht, welches in der Bildung und in der Art der Aneinanderreihung der Tochterzellen gegründet ist. Es bedingt diess die Formen der Zellfamilien, der Gewebe und der Fusionen, ihre Ausdehnung und Körperlichkeit. Bisher ist es noch nicht gelungen, dasselbe für alle Fälle zu formuliren, mit Ausnahme einiger der einfacheren Gewebsformen. Die Lehre der Genesis der Gewebe hat die Gesetze für die Zelllinie, die Zellfläche und den Zellkörper (nach kugeliger, cylindrischer, unregelmässig massiger Form) zu entwickeln. Aus ihr müssen auch die Gesetze für die Zellfusionen abgeleitet werden. Nur hierin kann eine wissenschaftliche Architektonik des Pflanzenbaues ihre Begründung finden.

C. Nägeli, Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik. Heft II. 1845.

§. 97. In den aus der Fortpflanzung von Zellen hervorgegangenen Complexen von Zellen hat man die beharrlichen Elemente von den vorübergehenden wohl zu unterscheiden. Jene werden Bildungszellen, diese Dauerzellen genannt. Mit der Vergrösserung der Pflanzensubstanz nimmt die Menge der Dauerzellen zu.

Bei jedem grösseren oder kleineren Complexe von Zellen gibt es Zellen von zweifacher Natur, nämlich solche, welche zeugungsfähig sind und eine Vergrösserung und Erweiterung der Zellmasse bewerkstelligen können und aus solchen, welche ohne in ihre Brut aufzugehen als solche beharren. Es ist begreiflich, dass ein Zellkörper an solchen Stellen, die keinen Zusatz von Elementartheilen erfahren, nur aus Dauerzellen, dagegen an Stellen, welche einer fortwährenden Vergrösserung unterworfen sind, auch aus Fortpflanzungs- oder Bildungszellen zusammengesetzt ist. Alle Zellfusionen können, wo sie bereits vollendet sind, nur aus Dauerzellen bestehen. Der Pflanzenleib seiner bei weitem grösseren Masse nach besteht ebenfalls nur aus Dauerzellen. Sie sind das Unveränderliche und Beharrende an demselben, während durch die Fortpflanzungszellen eine stete Veränderung über dem Beharrenden eingeleitet wird. Es bildet diess einen wesentlichen Character der Pflanze.

IV. Hauptstück.

Die Lehre von den Zellgruppen.

I. Abschnitt.

Von den Epidermoidalbildungen.

§. 98. Der nächste Schritt im Aufbaue des Pflanzenleibes besteht in der Gruppirung der Zellcomplexe. So wie dieser von den einzelnen Elementartheilen zur Vereinigung derselben unter einer höheren Einheit vorwärts ging, einigen sich wieder die Complexe unter der allgemeineren Idee von Gruppen. Die Zellgruppen sind daher nichts anders als Complexe von Zellen, zu bestimmten durch die Bedürfnisse der Pflanze hervorgerufenen Zwecken, mit einander vereiniget.

Je weiter die Entwicklung fortschreitet, je umfangsreicher und mannigfaltiger werden die Verbindungen, in welchen sich die Elementartheile vereinigen. Die auf eine einzelne Zelle beschränkte Pflanze überträgt auf diese alle ihre Bedürfnisse, welche mit der Erhaltung und Fortpflanzung zusammenhängen; ein Complex von gleichartigen Zellen nimmt schon eine Theilung der Arbeit vor sich, aber ihre Natur und Beschaffenheit ist noch wenig differenzirt. Je grösser der Pflanzenbau wird und je mannigfaltigere Elemente sich vereinigen, desto mehr tritt das Bedürfniss der Vereinigung von verschiedenen Complexen hervor. Die Erkenntniss der Einrichtung solcher Vereinigungen zu Gruppen ist eine weitere Aufgabe der Anatomie.

§. 99. Der erste und durchgreifendste Unterschied (Gegensatz) in einem aus einer Vielheit von Zellen bestehenden Pflanzenkörper wird durch seine Begrenzung nach Aussen hervorgerufen. Die mit der Oberfläche desselben in Berührung tretenden Medien (Luft, Wasser u. s. w.) können nicht ohne bestimmende Wirkung bleiben, welche sich sogar auf die Form und Verbindung der Elementartheile erstreckt. Die äussersten oder die äusseren Zellschichten der Pflanzen werden anders als die von ihnen bedeckte Zellmasse erscheinen. Man kann sie füglich unter der Bezeichnung Epidermoidalgebilde (tegumenta epidermoidalia) zusammenfassen. Dahin gehören 1. die Oberhaut (Epidermis) mit ihren verschiedenen Abänderungen in Epithelium und Epiblema; 2. die Anhangstheile der Epidermis (organa appendicularia epidermidis); 3. die Spaltöffnungen (Stomata) und 4. die Wurzelscheide (Velamen radicum).

§. 100. Die äussersten oder die äusseren Zellschichten der Pflanzen sind bei nur etwas höher ausge-

bildeten Gewächsen und bei solchen, die über die erste Entwicklung hinaus sind, von den darunter liegenden Zellgewebsmassen verschieden, und bilden das, was man Oberhaut (Epidermis) oder Epidermalschichte (stratum epidermaticum) genannt hat. Es sind meist tafelförmige, zuweilen kegel- oder cylinderförmige, seitlich genau an einander schliessende Zellen, die nicht nur alle äusseren Theile der Pflanze überziehen, sondern sich selbst nach innen fortsetzen, um die durch das Zusammentreten gewisser Theile gebildeten Höhlen auszukleiden.

Abgesehen von der grossen Mannigfaltigkeit, welche die Oberhaut bei verschiedenen Pflanzen zeigt, lassen sich die wichtigsten Unterschiede dennoch von den Pflanzentheilen selbst, welche sie bekleidet, hernehmen, so dass sie in geschlossenen Höhlen anders erscheint, als in den der Luft ausgesetzten Theilen, und hier wieder anders als in Berührung mit dem Wasser und der Erde.

Die Epidermis ist ursprünglich keine von dem darunter liegenden Zellgewebe verschiedene Zellschichte, sondern aus gleichen und mit demselben Inhalte versehenen Zellen gebildet. Erst in der Folge der Entwicklung und nach Massgabe des Einflusses der umgebenden Medien (Luft, Wasser) platten sie sich ab, werden theilweise dickwandig, und erlangen durch ihren meist blos flüssigen Inhalt ein von den darunter liegenden Zellen ganz verschiedenes Aussehen. Nach Umständen geht diese Umwandlung sehr unvollkommen vor sich, daher denn eine solche Oberhaut sich wenig von dem übrigen Zellgewebe unterscheidet. Schleiden hat die aus höchst zartwandigen, mit homogenem durchsichtigen und ungefärbten Safte erfüllten, der Fläche nach enge an einander schliessenden Zellen gebildete Oberhaut Epithelium, mit etwas derberen Zellen Epiblema genannt. Erstere kleidet den Fruchtknoten noch in einer späteren Zeit aus, letztere findet sich an Pflanzentheilen, die in der Erde oder im Wasser wachsen. Am aus-

gezeichnetsten ist die Epidermis an den Laubblättern entwickelt, und stellt hier in der Regel eine hautartige Schichte dar, die sich selbst mechanisch leicht von dem darunter liegenden Zellgewebe trennen lässt. Die Form der sie zusammensetzenden Tafelzellen ist ausserordentlich verschieden, und wechselt von der regelmässigen Gestalt polygoner Platten, d. i. von ebenen und senkrechten Flächen begrenzter tafelförmiger Zellen, in die gestreckte bandförmige bis in die sehr unregelmässige Gestalt mit grösseren und kleineren, sparsameren und zahlreicheren seitlichen Fortsätzen und Einbuchtungen versehener Zellen, nach den verschiedenen Pflanzenfamilien selbst nach Gattungen eine gewisse Gesetzmässigkeit befolgend.

Bei zarteren, membranösen Blättern findet sich nur eine Schichte von Epidermiszellen, und diese sind selbst nach aussen wenig verdickt; derbere, lederartige Blätter hingegen haben zwei bis drei und mehrere Schichten solcher tafelförmiger Zellen (Ficus elastica), oder es ist wenigstens die nach aussen grenzende Zellwand derselben mit zahlreichen Verdickungsschichten versehen (Dasylirion longifolium). In manchen saftreichen Blättern (Begonia manicata) erlangen die unter der äussersten Zellschicht befindlichen Epidermiszellen einen ausserordentlichen Umfang und Saftreichthum.

In anderen Organen, wie z. B. in den Blumenblättern, an den Samen, selten bei sehr lederartigen Blättern (Aloe) u. s. w. weichen die Epidermiszellen von der Tafelform merklich ab, und gehen bei jenen in die conische, bei diesen in die cylindrische Form über. Dabei werden sie in der Testa des Samens oft sehr verdickt und in ihrem obern und untern Theile verschieden ausgebildet (die Epidermiszellen der Erbse).

Die Verbindung der Epidermiszellen unter einander ist sehr innig, so dass sie nur durch die stärksten chemischen Mittel (Salpetersäure u. s. w.) aufgehoben werden kann, dagegen die Verbindung mit den unterliegenden Zellen mehr locker, was hier eine Trennung leicht möglich macht. Aus diesem Umstande ist es

möglich die Epidermis als ein feines zusammenhängendes Häutchen von dem unterliegenden Parenchyme abzulösen.

§. 101. Der Zusammenhang der Epidermiszellen wird durch ein dieselben von aussen überziehendes feines Häutchen noch sehr vermehrt. Diese homogene Membran als ein Ausscheidungsproduct der oberflächlichen Epidermiszellen wird das Häutchen (Cuticula) genannt, und ist in seiner Zusammensetzung von der Cellulose verschieden.

Wenige Zellen sind wie die Epidermiszellen in Folge ihrer Ausbildung so bedeutenden Umänderungen unterworfen. Ihre Verdickungsschichten werden vorzüglich nach der äussern Wand abgesetzt, wodurch diese gegen die übrigen Wände an Dicke ausserordentlich zunimmt. Die Celluloseschichten werden daselbst durch die incrustirende Substanz besonders reich infiltrirt, was sie natürlich sehr derb und undurchdringlich macht, endlich erfolgt von innen aus nach der Aussenseite die Ausscheidung einer Substanz, welche durch caustisches Kali und selbst durch concentrirte Schwefelsäure unauflösbar ist. Da überdiess noch in Folge dieser Veränderungen häufig alle Grenzen aufgehoben werden, und selbst bei Anwendung von passenden Lösungsmitteln nicht immer deutlich genug hervortritt, so macht diess die Structurverhältnisse sehr complicirt und führte zu mancherlei Täuschungen, die nur nach und nach beseitiget worden sind. Das, was man früher Cuticula nannte, ist

Fig. 67.

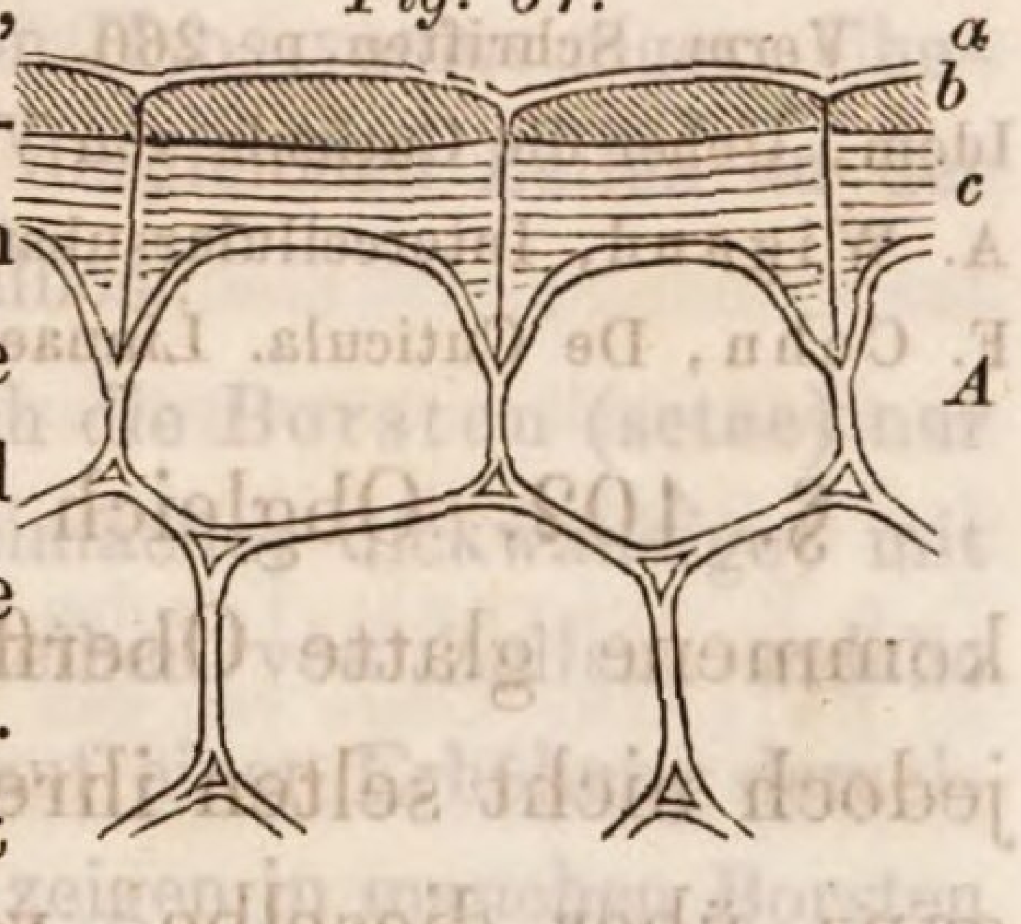


Fig. 67. Querschnitt durch die oberflächlichen Zellen des Blattes *Hoya carnosa*, mit Aetzkali behandelt. *A* Epidermiszellen mit der nach aussen sehr verdickten Wand, in der zweierlei Schichten zu erkennen sind, eine homogene *b* und eine nicht homogene *c*, über welchen die Cuticula *a* sich befindet. Durch Aufquellen der beiden ersten Schichten erfolgt eine Krümmung nach aussen.

nicht die Cuticula im Sinne der neueren Erforschung, obwohl ihre Existenz als ein allgemeiner hautartiger Ueberzug über die Epidermiszellen bereits mit Sicherheit nachgewiesen ist. Im Blatte von Cycas und Hoya carnosa *(Fig. 67)* ist nicht die ganze äussere homogene Substanz, wie ich früher annahm, als Cuticula, sondern nur die äusserste mehr condensirte Schichte als solche zu betrachten. Die primäre Membran sowohl als ein Theil der Verdickungsschichten sind in eine gemeinsame Substanz verschmolzen. Die Intercellularsubstanz beträgt nur ein Minimum. Ganz auf dieselbe Weise verhalten sich eine grosse Menge von dickwandigen Epidermiszellen. Durch Maceration im Wasser löst sich die Cuticula nicht ab, wohl aber gelingt es durch Aetzkali, ihre Ablösung von den Epidermiszellen zu bewirken.

Die Cuticula ist nichts als eine nach aussen abgeschiedene Inter- oder Extracellularsubstanz, die durch atmosphärische Einwirkung eine grössere Consistenz u. s. w. erlangt. Die Hüllmembran und das Episporium sind gleichfalls ähnliche die Zelle als Einzelwesen betreffende Erscheinungen.

Ad. Brongniart, Nouvelles recherches sur la structure de l'épiderme des végétaux. Ann. de scienc. nat. II. Sér. I. p. 65.
H. v. Mohl, Ueber die Cuticula der Gewächse. Linnaea XVI. 1842. p. 401. Verm. Schriften p. 260.
Idem, Ueber die Cuticula von Viscum album. Bot. Zeitschr. 1849, Stck. 33.
A. Wigand, Intercellularsubstanz und Cuticula. 1850. 8.
F. Cohn, De Cuticula. Linnaea, 1850. p. 337.

§. 102. Obgleich die Oberhaut häufig eine vollkommene glatte Oberfläche darstellt, so erheben sich jedoch nicht selten ihre Zellen entweder theilweise oder ganz über dieselbe, vermehren oder vergrössern sich und erscheinen bald als kleinere und grössere Hervorragungen in Gestalt von Papillen, Wärzchen, Haaren, Borsten, Brennhaaren, Stacheln, Schuppen und Warzen. Sämmtliche Bildungen der Art können mit dem gemein-

samen Namen Anhangstheile der Epidermis zusammengefasst werden.

Die Papillen (papulae) sind die unbedeutendsten Erhebungen, wobei sich entweder nur ein Theil, oder die ganze äussere Zellwand der Epidermiszellen blasenförmig ausdehnt, z. B. die Epidermiszellen der Blätter von Aloë nigricans, Gladiolus communis, Arum Dracunculus, jene vieler Blumenblätter, welche dadurch einen Sammtglanz erlangen u. s. w.

Höher entwickelt scheinen die Haare (pili) entweder als einfache, cylindrische, keulenförmige, oder durch Aussackungen verzweigte Oberhautzellen, oder als Reihen von Zellen, die gleichfalls einfach oder mehrfach, ganz oder getheilt erscheinen, und die verschiedensten Gestalten hervorbringen, die wir als einfache Haare (pili simplices), verästelte Haare (pili ramosi), sternförmige Haare (pili stellati) und zusammengesetzte Haare (pili compositi) bezeichnen.

Zuweilen zeichnet sich die Endzelle, oder mehrere derselben, durch Grösse und durch ihren Inhalt (Oele, Harze, Farbestoffe u. s. w.) vor den übrigen aus. Solche Haare werden kopfförmige Haare (pili capitati) oder Drüsenhaare (pili glanduliferi) genannt, wie z. B. die Haare an den Blättern von Hyoscyamus niger, Chenopodium viride u. s. w. Befinden sich dergleichen Zellen an der Basis des Haares, so heissen sie pili bulbosi.

Von den Haaren unterscheiden sich die Borsten (setae) nur durch ihre Steifheit. Meist sind es einfache, dickwandige, mit Wärzchen besetzte Zellen, seltener Reihen von Zellen, welche über die Epidermis hervorragen, oder auf einer Erhöhung derselben aufsitzen. Die Körner und Warzen zeigen in manchen Borsten eine spiralige Stellung und gehen durch Streckung in schief verlaufende Längsstreifen über. Sie gehören ohne Zweifel der Cuticula an. Die Familie der Asperifolien ist fast ohne Ausnahme durch solche Borsten ausgezeichnet; sie finden sich aber ausserdem noch bei Campanulaceen, Cucurbitaceen, Umbelliferen u. s. w.

Fig. 68.



Aehnlich den Borsten sind die sogenannten Brennhaare (stimuli s. pili urentes) und nur dadurch von jenen unterschieden, dass der Polster von Zellen, auf dem sie sich erheben, einen scharfen ätzenden Saft absondert. Bei den Urticaceen, Loaseen, Hydroleaceen u. s. w. kommen Brennhaare vor *(Fig. 68)*.

Die Schuppen oder Schülfern (lepides, pili paleaeformes v. scutati) sind breite, hautartige Anhängsel der Epidermis, welche durch Verbreiterung sowohl von astlosen als ästigen Haaren entstehen, und häufig in diese übergehen. Die Blätter der Eleagneae, die Blattstiele und Blätter mehrerer Farn u. s. w. sind mit Schuppen bedeckt.

Als Oberhautbildungen sind auch die Dornen (aculei) zu betrachten. Sie sind aus steifen dickwandigen enge verbundenen Zellen zusammengesetzt, haben eine breite Basis und laufen in eine stechende Spitze aus. Endlich gehören auch die Warzen (verrucae) hieher. Sie stellen verschieden geformte, meist jedoch halbkugelförmig über die Oberhaut hervorragende Schwielen dar, die aus mehreren dickwandigen Zellen zusammengesetzt sind.

M. Malpighi, Opera postuma. De pilis observationes p. 45.
J. St. Guettard, Mémoires de l'academ. de Paris. 1745. p. 263.
F. v. P. Schrank, Von den Nebengefässen und ihrem Nutzen. 1794. p. 87.
B. Eble, Die Lehre von den Haaren. Wien, 1831. Bd. I.
F. Meyen, Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Berlin, 1837. 4.

§. 103. In der Jugend ist die Epidermis eine continuirliche ununterbrochene Zellschichte. Bei allmäliger Ausbildung derselben trennen sich stellenweise die

Fig. 68. Ein Brennhaar von *Urtica urens*, 2,4 Millimeter lang. Vergr. $^{34}/_{1}$.

Wände der an einander stossenden noch jungen Epitheliumzellen, und lassen eine verschieden geformte Oeffnung zwischen sich. Diese Oeffnung wird anfänglich von einer oder mehreren darunterliegenden Parenchymzellen verschlossen, die sich jedoch bald theilen und eine spaltförmige Oeffnung zwischen sich hervorbringen, welche sammt den einschliessenden halbmondförmigen Zellen Spaltöffnung (Stoma) genannt wird.

Die Spaltöffnungen der Epidermis bieten sehr mannigfaltige Verhältnisse dar, je nach ihrer Beschaffenheit und Ausbildung, nach ihrer Lage und Vorkommen, und nach ihrem Einflusse auf die Pflanzensubstanz, mit der sie zunächst in Verbindung stehen.

In Pflanzen, welche keine Blätter und keine wahre Epidermis besitzen, sind die Spaltöffnungen am einfachsten organisirt und nicht viel mehr als Oeffnungen in der äussersten Zellschichte (Marchantia). Näher den höheren Pflanzen stehen die Spaltöffnungen der Moose (in den Apophysen); in den Farn sind sie wie in den übrigen Pflanzen organisirt.

Wir haben bei Betrachtung der Spaltöffnung zuerst die Zahl und Lage der Porenzellen zu berücksichtigen.

Der Porenzellen, welche von halbmondförmiger Gestalt durch die Zusammenfügung an ihren Spitzen die Spaltöffnung bilden, sind in der Regel nur zwei, seltener vier. Im letzteren Falle stehen sie entweder neben oder über einander und werden dann äussere und innere, oder obere und untere Porenzellen genannt. Erstere finden sich bei Hakea, Protaea u. s. w., letztere bei Ficus elastica *(Fig. 70)*.

Mannigfaltiger ist die Lage der Porenzellen, denn dieselben können der Epidermis gleich, über dieselbe hervorragen oder in dieselbe versenkt sein. In der Regel und zwar bei den membranösen Blättern und zarteren Pflanzentheilen liegen die Spaltöffnungen in derselben Ebene, in welcher die Epidermiszellen sich befinden *(Fig. 69)*.

Fig. 69.

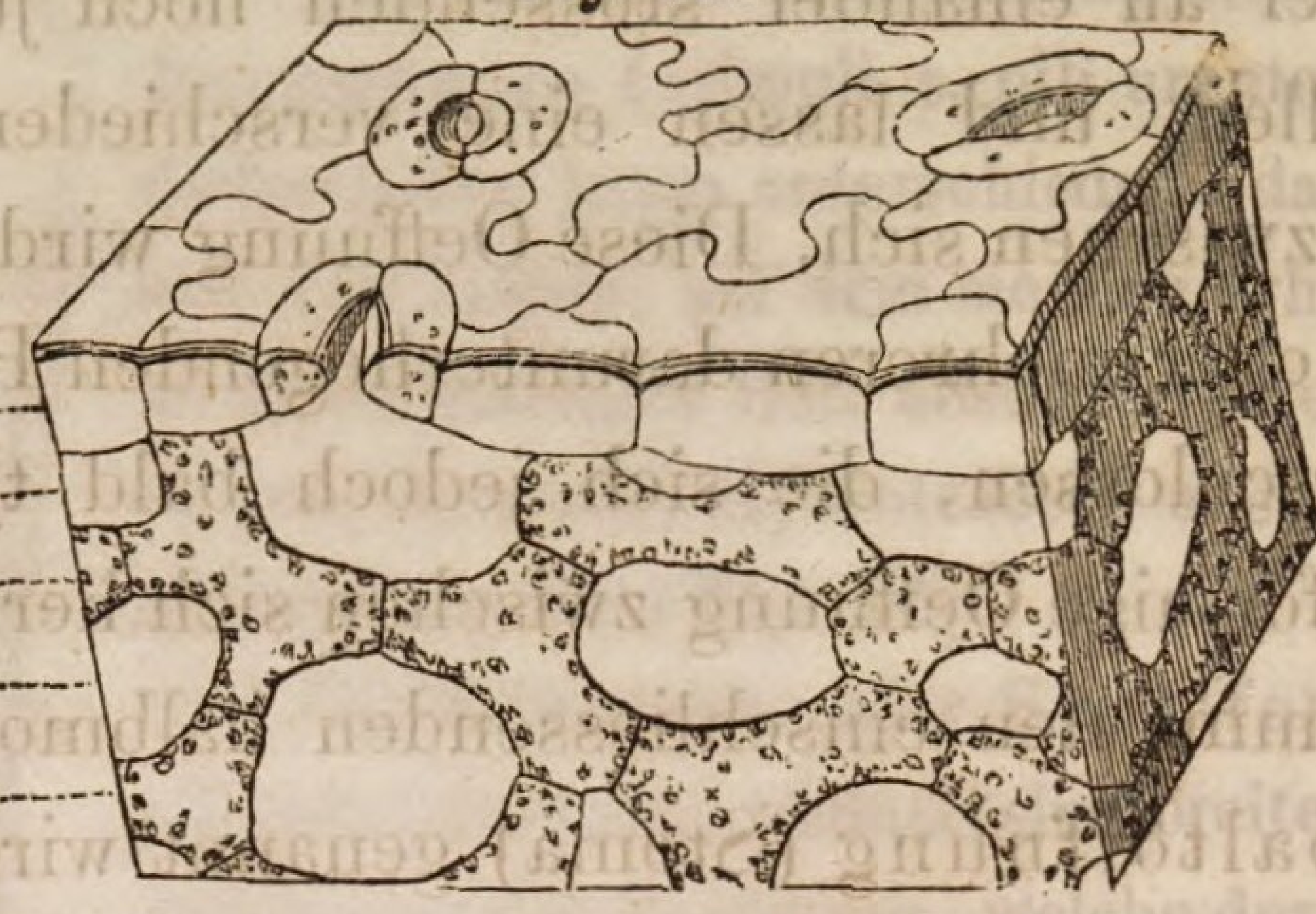
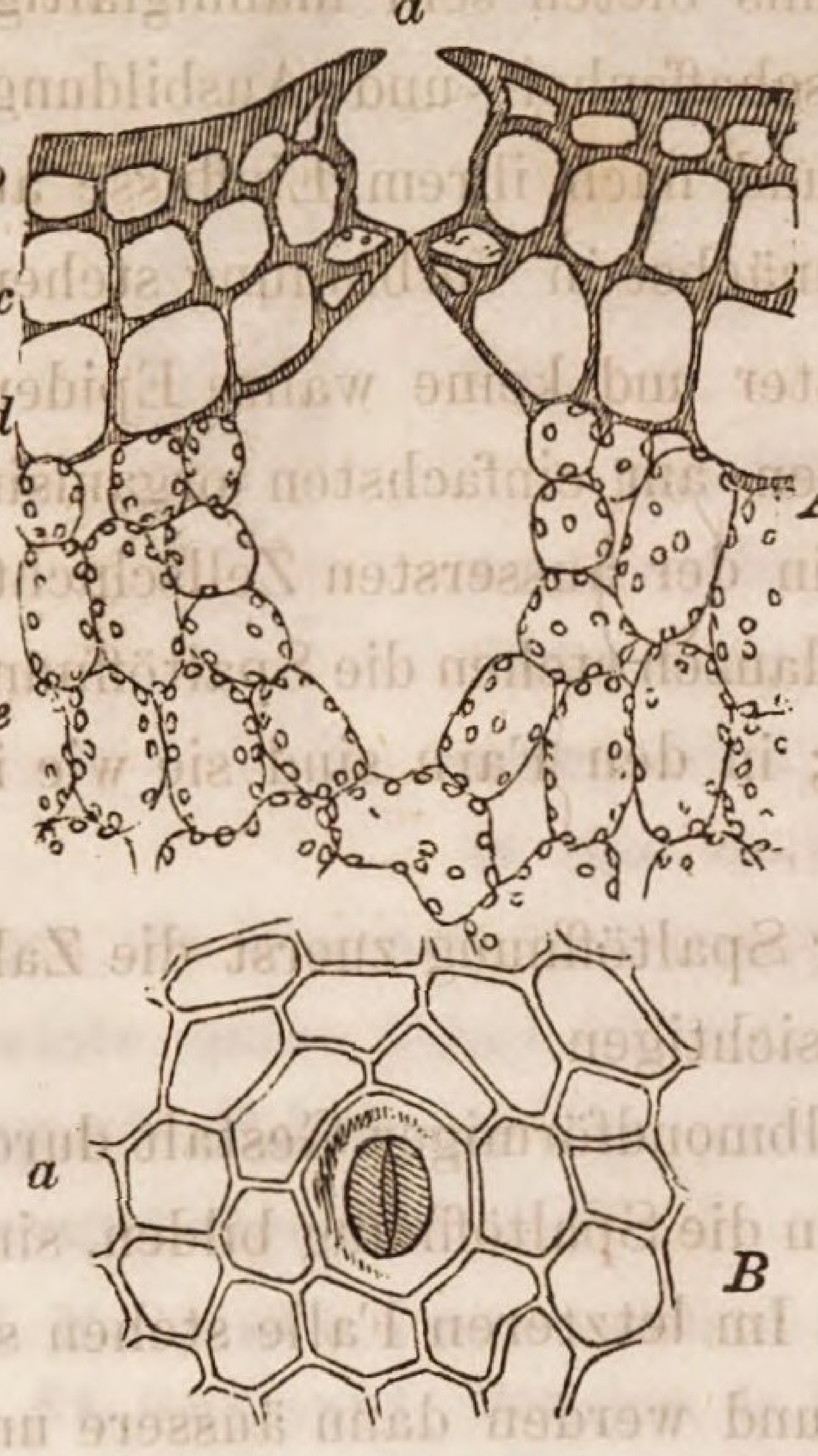


Fig 70.



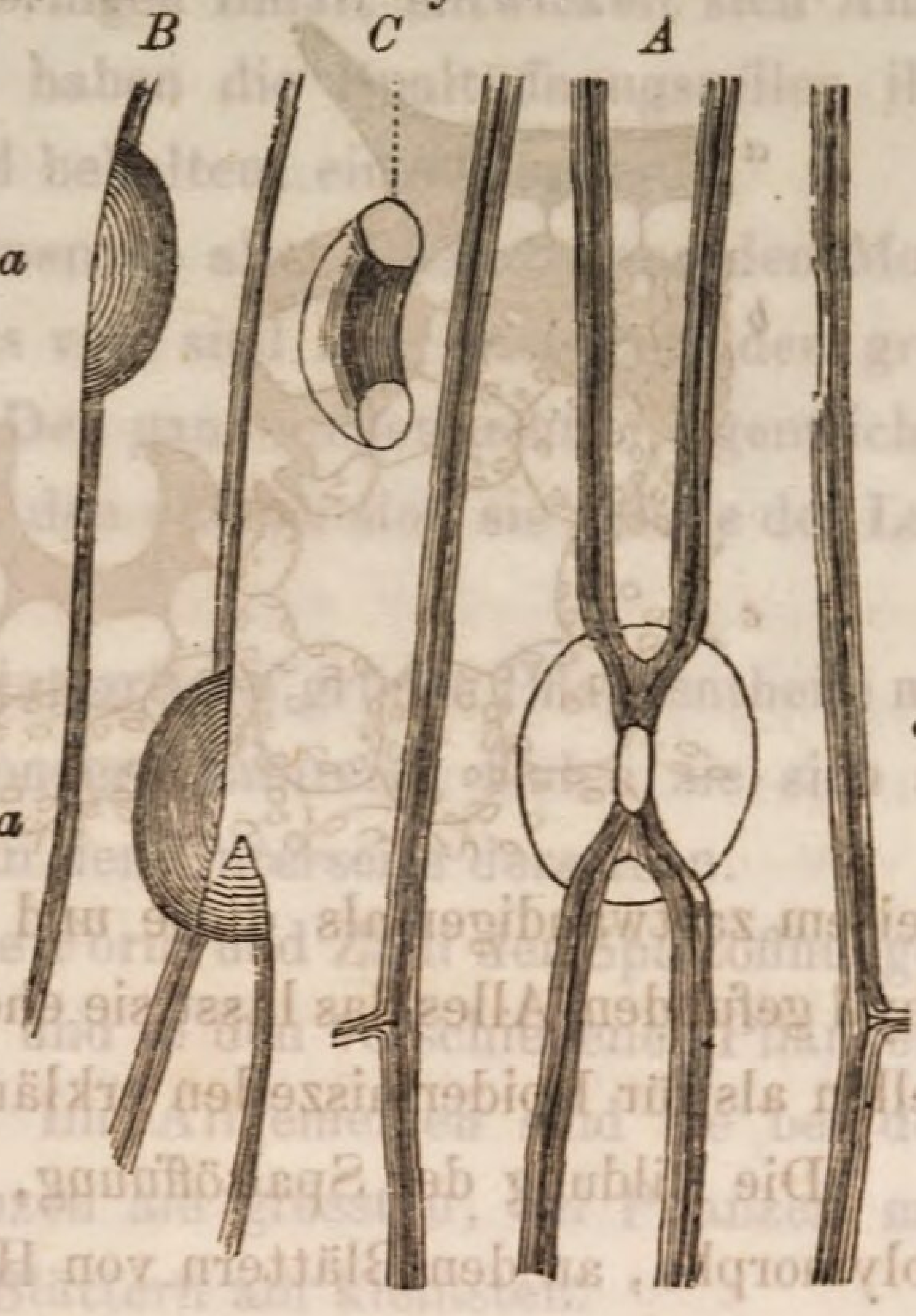
Ueber der Epidermis d. i. auf schief nach einwärts fallenden Wänden aufsitzend, sind die Porenzellen bei Grevillea oleoides, Persoonia myrtilloides, Leucadendron decorum, Crinum u. s. w. Eingesenkt in die Epidermis sind sie bei Protea melaleuca, Hakea, Cycas u. s. w., wo die Epidermis nur aus einer Schichte von Zellen besteht, so wie bei Ficus *(Fig. 70 A)*, wo die Porenzellen zwischen der zweiten und dritten Zellschichte zu liegen kommen.

Auf eine eigenthümliche Weise eingesenkt kommen die Spaltöff-

Fig. 69. Ein Stück aus der untern Blatthälfte von *Fuchsia fulgens* mit drei Spaltöffnungen, wovon die vorderste durch den senkrechten Schnitt nach der Breite halbirt wurde. *a* Epidermis; *b b* Merenchym; *c c* Lufthöhlen. Vergr. $^{400}/_{1}$.

Fig. 70. Spaltöffnung von der Unterseite der Blätter von *Ficus elastica.* *A* Querdurchschnitt. *B* Ansicht von vorne. *b, c, d* Drei Zellschichten der Epidermis. *e* Darunter liegendes Merenchym. *A* u. *B* *a* Wall, durch dessen Oeffnung man die in der Tiefe liegende Spaltöffnung wahrnimmt. Vergr. $^{333}/_{1}$.

nungszellen in den Irideen vor, wo die Epidermiszellen bis auf eine kleine durch ihr Zusammentreten gebildete Oeffnung über sie hinweglaufen (*Fig. 71*).



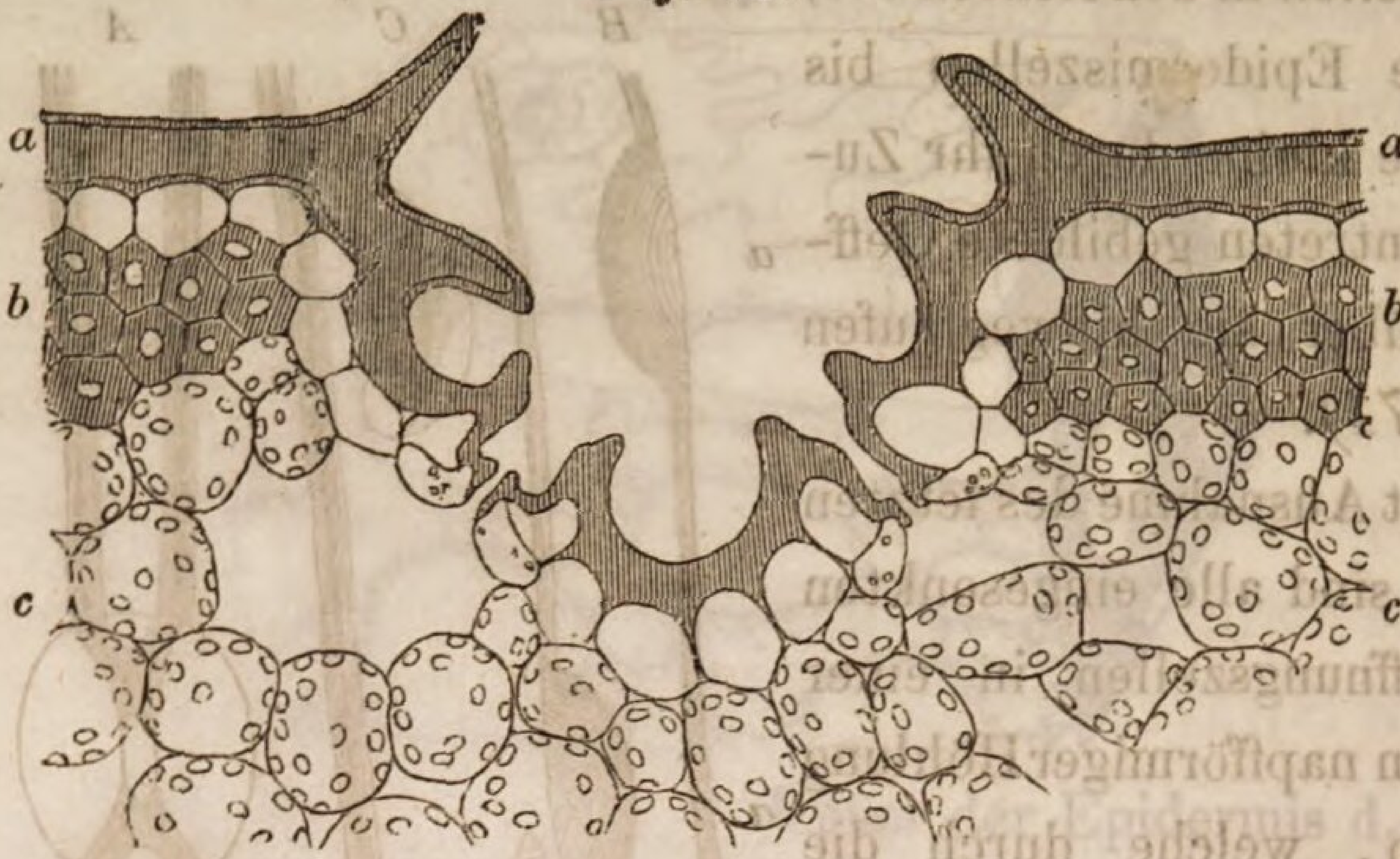
Mit Ausnahme des letzten Falles sind alle eingesenkten Spaltöffnungszellen in einer Art von napfförmiger Höhlung gelegen, welche durch die meist sehr stark hervorspringenden Kanten der nächsten Epidermiszellen um so tiefer wird. Es entsteht dadurch häufig sogar ein die Spaltöffnung umgebender Wall (*Fig. 70 A* und *B a*), in dessen Vertiefung man die eigentliche Spaltöffnung erblickt.

Im Allgemeinen sind die Spaltöffnungen auf der Epidermis ziemlich gleichförmig vertheilt, zuweilen sammeln sie sich in Gruppen, und diese Gruppen liegen dann in grubenförmigen Vertiefungen, welche die Oberfläche bildet. Beispiele der Art liefern die Spaltöffnungen an den Blättern von Nerium Oleander, an Dasylirion oblongifolium u. s. w. (*Fig. 72*).

Die Zellen der Spaltöffnung sind weder dem Baue noch dem Inhalte nach den Epidermiszellen gleich. Sie sind in der Regel bei

Fig. 71. Theile der Spaltöffnung in der Epidermis der Blätter von *Iris pallida*. *A* Vier Epidermiszellen, welche eine Spaltöffnung einschliessen, die durch eine kleine ovale Oeffnung nach aussen mündet. *B* Zwei dergleichen Epidermiszellen aus ihrer Verbindung mit den beiden andern gesetzt und von Innen angesehen. *a a* Die Eindrücke durch die halbmondförmigen Porenzellen hervorgebracht. *C* Eine dieser halbmondförmigen Porenzellen von der Seite gesehen. Vergr. $^{240}/_{1}$.

Fig. 72.



weitem zartwandiger als diese und als Inhalt wird häufig Chlorophyll gefunden. Alles das lässt sie eher für gewöhnliche Parenchymzellen als für Epidermiszellen erklären.

Die Bildung der Spaltöffnung, welche bisher an Marchantia polymorpha, an den Blättern von Hyacinthus orientalis und Narcyssus Jonquilla, Allium Cepa, Fritillaria imperialis und Lilium tigrinum beobachtet wurde, lässt ungeachtet einiger zweifelhaften Puncte doch folgenden Vorgang als allgemein giltig voraussetzen.

Die Mutterzelle der Porenzellen gehört nicht der äussersten oder den Epidermalschichten, sondern dem tiefer liegenden Parenchyme an. Noch bevor sie ihre weitere Entwicklung eingeht, drängt sie sich an die Epidermiszellen, welche an der Stelle aus einander weichen und eine Oeffnung (viereckig u. s. w.) zwischen sich lassen. Ihr Zellkern und Inhalt theilt sich, es entsteht eine Scheidewand, die aus den aneinander stossenden Wänden der Tochterzellen besteht. Beide Wände beginnen sich von oben nach abwärts und von unten nach aufwärts zu trennen, bis die beiden trichterförmigen Spalten in eine Oeffnung, d. i. die Spaltöffnung zusammenfliessen. Nun verschwindet in den Tochterzellen (Porenzellen)

Fig. 72. Querdurchschnitt durch eine grubenförmige Vertiefung des Blattes von *Dasylirion oblongifolium*. *a* Epidermis. *b* Bastbündel. *c* Merenchym. Zwei Spaltöffnungen seitlich am Grunde der Grube. Vergr. $^{333}/_{1}$.

der Zellkern, und aus dem körnigen Inhalt entwickelt sich Amylum und Chlorophyll. Dabei haben die Spaltöffnungszellen ihre Lage, die sie nun fortwährend behalten, eingenommen.

Die Spaltöffnungen kommen an allen Pflanzen von den Moosen und Lebermoosen aufwärts vor, sind aber stets nur den grünen Theilen derselben eigen. Den ganz eingetauchten eigentlichen Wasserpflanzen fehlen sie, bei den andern sind sie auf die der Luft exponirten Stellen beschränkt.

Vorzugsweise sind alle blattartigen grünen Pflanzentheile mit Spaltöffnungen versehen. Besonders zahlreich finden sie sich an den Laubblättern, und zwar an der Unterseite derselben.

Sowohl die Grösse als die Form und Zahl der Spaltöffnungen ist bei verschiedenen Pflanzen und in den verschiedenen Pflanzentheilen überaus mannigfaltig. Im Allgemeinen sind sie bei den sogenannten succulenten Pflanzen am grössten, bei Pflanzen mit lederartigen oder sehr zarten Blättern am kleinsten.

Je grösser die Spaltöffnungen sind, desto geringer ist ihre Anzahl auf einem bestimmten Raume. Kleine Spaltöffnungen treten in der Regel am häufigsten auf. Nicht selten kann man auf einer Quadratlinie Oberfläche 100 Spaltöffnungen zählen, manchmal findet man auf demselben Raume 1000 bis 3000. So haben die Blätter von Potamogeton natans an der Oberseite auf 1 Quadratlinie 650 Spaltöffnungen, an der Unterseite keine; Victoria regia an der Oberseite 1800, an der Unterseite keine; Sium angustifolium auf demselben Raume an der Oberseite der Blätter 700, an der Unterseite 10; Brassica Rapa an der Oberseite 1797, an der Unterseite der Blätter 3497. Somit besitzt ein mässig grosses Blatt von Brassica Rapa im Ganzen 11,539.700, ein Blatt von Victoria regia 1055,333.880 Spaltöffnungen.

Einen merkwürdigen Bau der Spaltöffnungen zeigen mehrere Cacteen, indem bei diesen die die äusserste Schichte der Epidermiszellen überziehende Cuticula sich verschmälert nach innen fortsetzt und die Oberfläche der Zellen überkleidet, wovon man sich überzeugen kann, wenn man dergleichen Theile mit concentrirter

Schwefelsäure behandelt, die alles, bis auf die Cuticula und ihre Fortsetzungen, zerstört.

So wie bei Marchantia und Salvinia die Spaltöffnungen ohne eigene Porenzellen vorkommen, findet diess auch ausnahmsweise bei höheren Pflanzen statt. Meyen (Archiv f. Naturgesch. 1837. I. p. 419) sah an der Oberseite der Blätter von Stellis und Pleurothalis Grübchen mit Oeffnungen, ohne dass sie von eigentlichen Porenzellen beschränkt waren.

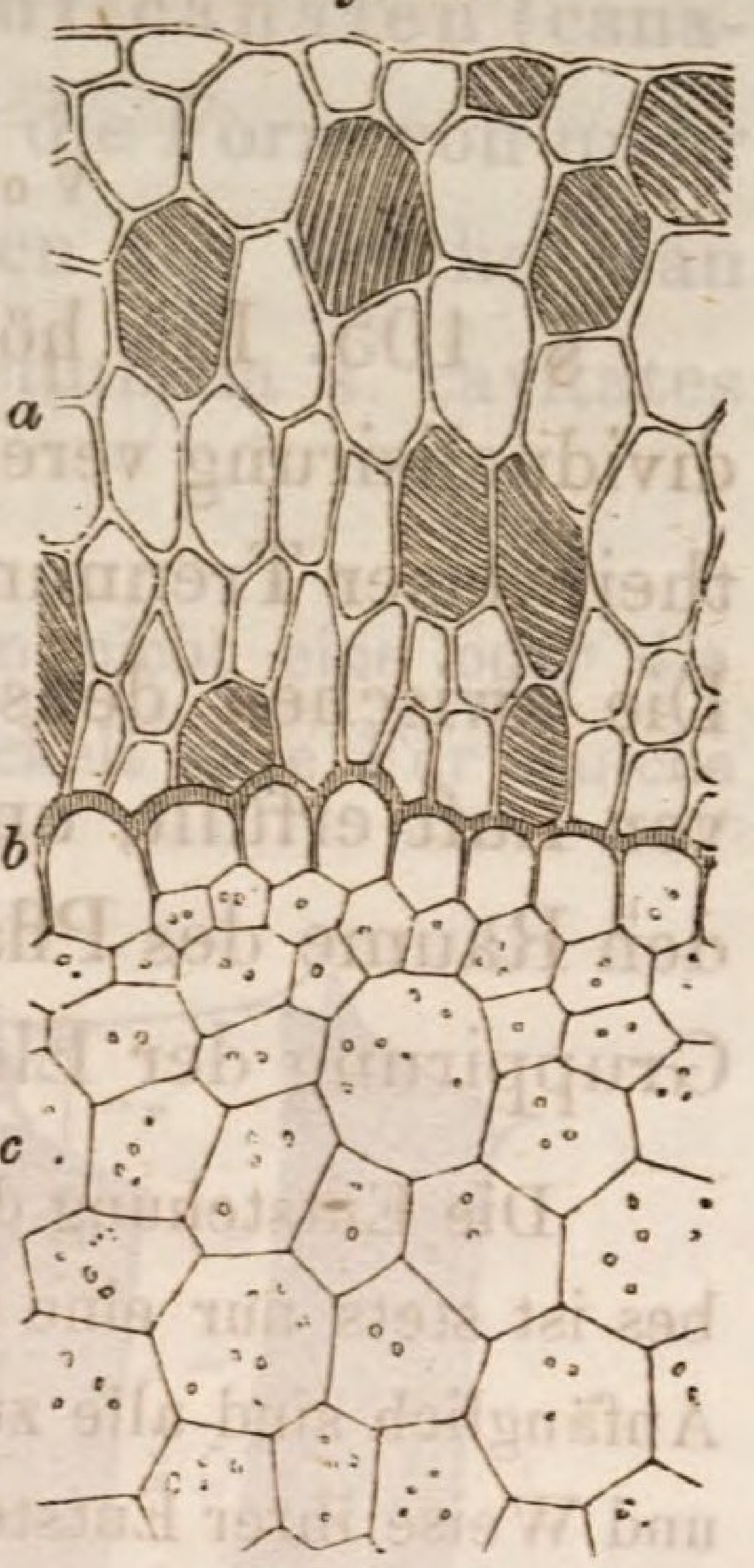
Herm. Kroker, De plantarum epidermide. Vratislaviae, 1833. 4.
F. Unger, Die Exantheme der Pflanzen. Wien, 1833. 8
H. v. Mohl, Ueber die Spaltöffnungen auf den Blättern der Proteaceen. Nova Acta A. N. C. XVI. P. II.
Idem, Ueber die Entwicklung der Spaltöffnungen. Linnaea, 1838. p. 544.
J. Schleiden, *Botanische Notizen.* Archiv für Naturgeschichte. 1838. Bd. I. p. 56.
C. Nägeli, Botanische Beiträge. Linnaea, 1842 p. 237.
Mirbel, Recherches sur le Marchantia polymorpha. Mém. de l'Acad. roy. d. scienc. de l'instit. de France. XIII. 1836.
G. Gasparini, Ricerche sulla struttura degli stomi. Estratto dal Rendiconto delle adunanze e dei lavori dell' Academia delle scienze. Napoli, 1842.
Idem, Nuove Ricerche sulla struttura dei Cistomi. Napoli, 1844.
Dr. Garreau, Mémoire sur la formation des stomates dans l'épiderme des feuilles de l'Ephémère des jardins et sur l'évolution des cellules, qui les avoisinent. Ann. d. sc. nat. IV. Sér. 1854, p. 213 1 tab.

§. 104. Ueber der Epidermis findet sich zuweilen noch eine aus mehreren Zellenschichten bestehende eigenthümliche Hülle, welche mit dieser auf das Innigste zusammenhängt, und bisher nur an den Luftwurzeln tropischer Orchideen und Aroideen gefunden worden ist. Dieser meist silberweisse, trockne, pergamentartige Ueberzug wird Wurzelhülle (velamen radicum) genannt.

Die Wurzelhülle wird nach den bisher angestellten Untersuchungen meist aus luftführenden Spiralfaserzellen gebildet (*Fig. 73 a*), welche in mehr oder minder zahlreichen Schichten

über der eigentlichen Epidermis *(Fig. 73 b)* gelagert sind und dieselbe so wie das darunter liegende Zellgewebe vor der austrocknenden atmosphärischen Luft zu schützen die Bestimmung haben.

Fig. 73.



Die Epidermis solcher Luftwurzeln ist aus zweierlei Zellen mit verdickten Aussenwänden zusammengesetzt, aus gestreckten tafelförmigen *(Fig. 74 b)* und aus kegelförmigen viel kleineren Zellen, welche letztere an der Stelle der Spaltöffnungen liegen, die hier fehlen *(Fig. 74 b')*.

Die Entstehung dieser merkwürdigen Bildung aus der grünen Spitze solcher Luftwurzeln ist bisher noch nicht ermittelt worden. Die meist silberweisse Farbe der Wurzelhülle rührt von dem Mangel alles festen und flüssigen Inhaltes ihrer Zellen her. Durch die Eigenschaft Wasserdunst zu condensiren, erlangen dieselben in feuchter Luft bald eine schmutzige oder wohl gar von den nun durchscheinenden tiefer liegenden Zellen eine grünliche Färbung.

H. F. Link, Anatomia plantarum iconibus illustrata. I. Tab. 4.

Fig. 74

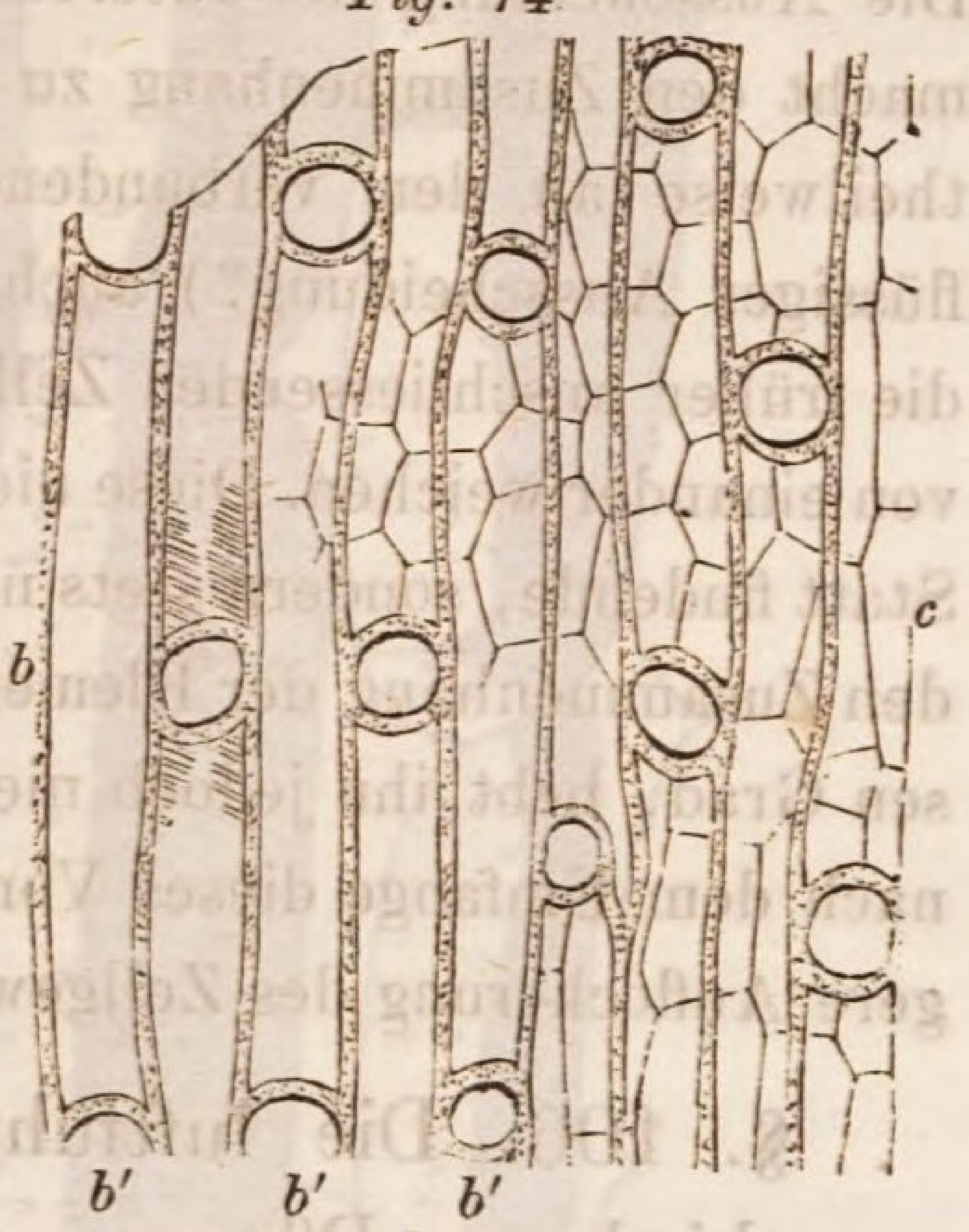


Fig. 73. Querschnitt aus der Luftwurzel von *Epidendron elongatum*. *a* Spiralfaserzellen. *b* Epidermis. *c* Parenchym des mittleren Theiles. Vergr. $^{150}/_{1}$.

Fig. 74. *a* Längenschnitt parallel der Oberfläche. Die Wurzelhülle ist bis auf die Epidermis entfernt. *b* tafelförmige, *b'* kegelförmige Zellen der Epidermis. *c* Darunterliegende parenchymatische Zellen. Vergr. $^{150}/_{1}$.

II. Abschnitt.

Von den Lufträumen.

§. 105. Ein höherer Grad der fortschreitenden Individualisirung vereinigter Elementartheile ist häufig mit theilweiser Trennung derselben von einander verbunden. Die zwischen denselben entstehenden Räume werden von Luft erfüllt, und es entstehen damit die luftführenden Räume des Pflanzengewebes, die häufig eine eigene Gruppirung der Elementartheile hervorbringen.

Die Entstehung der luftführenden Räume des Pflanzengewebes ist stets nur eine Folge der weiteren Entwicklung desselben. Anfänglich sind alle zu einem Gewebe vereinigten Zellen, der Art und Weise ihrer Entstehung zu Folge, in unmittelbarer Berührung. Die Ausscheidung der Intercellularsubstanz an ihrer Aussenseite macht den Zusammenhang zu einem mittelbaren. Endlich findet theilweise an den verbundenen Zellen (nach vorausgegangener flüssiger Ausscheidung?) auch eine Luftexcretion Statt, wodurch die früher anschliessenden Zellwände nach und nach immer mehr von einander weichen. Diese nie vollständige, d. i. nach allen Seiten Statt findende, sondern stets núr einseitige Luftausscheidung löset den Zusammenhang der Elementartheile zwar bis auf einen gewissen Grad, hebt ihn jedoch niemals ganz auf, und bringt somit je nach dem Umfange dieses Vorgangs nur eine grössere oder geringere Auflockerung des Zellgewebes hervor.

§. 106. Die luftführenden Räume haben in den verschiedenen Pflanzen und Pflanzentheilen eine sehr verschiedene Ausdehnung und Configuration. Sie sind bald unmerkliche an den Kanten der Zellen verlaufende Canäle, d. i. Intercellulargänge (ductus s. meatus intercellulares), oder sie erweitern sich zu breiteren regel-

mässig verlaufenden Gängen, d. i. Luftcanälen (canales aëreae), oder endlich sie nehmen die Form von mehr oder minder regelmässigen Höhlungen an, welche man als Lufthöhlen (interstitia intercellularia s. cavitates aëreae) bezeichnet.

Es gibt wenige Pflanzen, an welchen nicht eine oder die andere Form der luftführenden Räume entwickelt wäre. Für manche

Fig. 75.

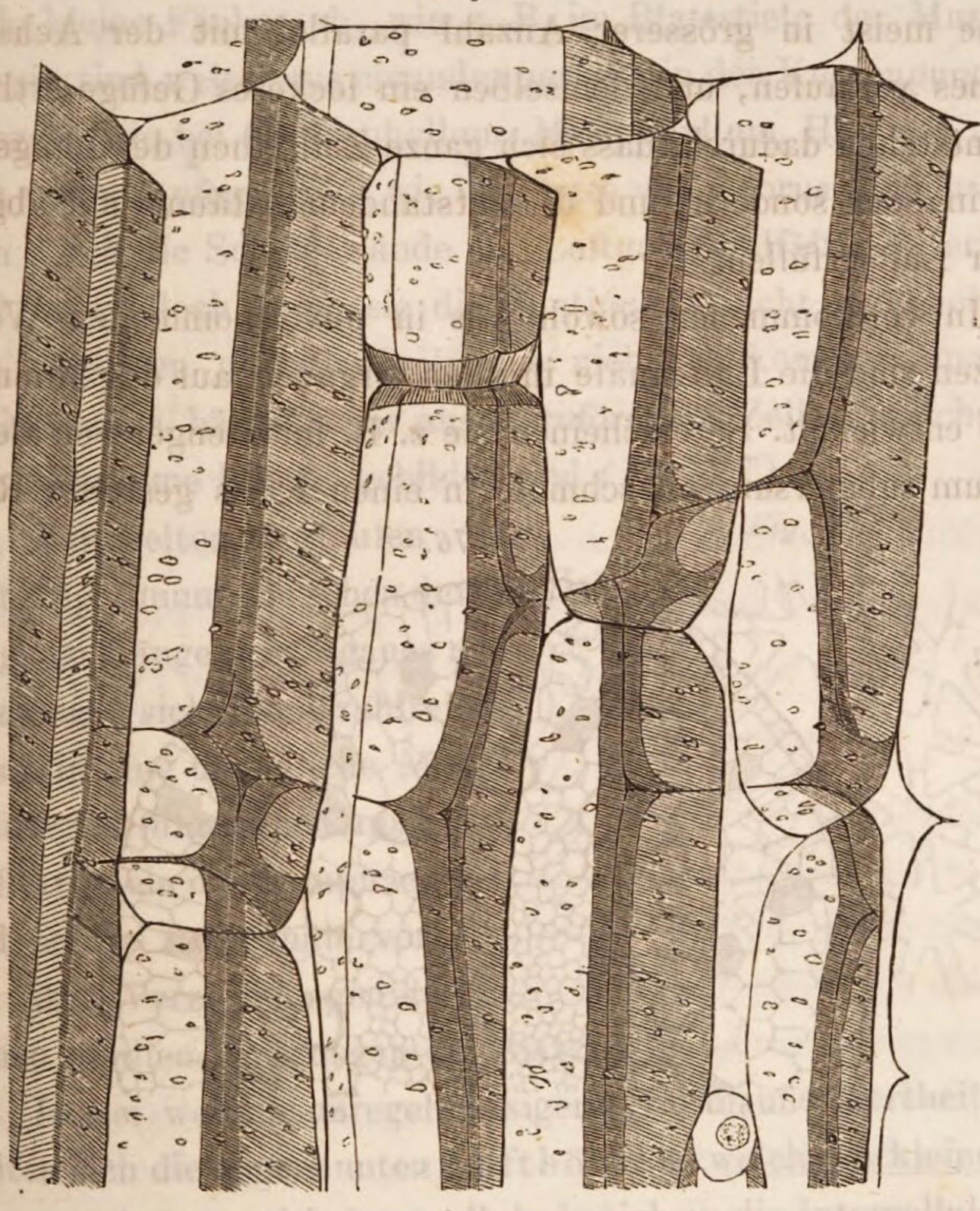


Fig. 75. Ein Stück Zellgewebes aus dem Stengel von *Acanthus mollis* mit zahlreichen luftführenden Intercellulargängen. Die Zellwände sind porös. Vergr. $^{170}/_{1}$.

Pflanzen und Pflanzentheile sind gewisse Formen characteristisch. Die Intercellulargänge, als die verbreitetste Form, bestehen aus engen drei- oder mehrkantigen Canälen, welche durch das Zusammenstossen der an den Kanten abgerundeten Zellen gebildet werden *(Fig. 75)*. Sie folgen gewöhnlich den Kanten der Zellen nach allen Seiten, und bilden so ein System von kleinen luftführenden Gängen, welches ganze Partien von Zellgewebe durchwebt.

Von grösserer Ausdehnung sind die Luftcanäle. Sie sind mehr oder minder voluminöse geradlinige blind endende Canäle, welche meist in grösserer Anzahl parallel mit der Achse des Organes verlaufen, und demselben ein lockeres Gefüge ertheilen. Sie entstehen dadurch, dass sich ganze Zellreihen der Länge nach von einander sondern, und die entstandenen Räume mit abgesonderter Luft erfüllen.

In vollkommenen sowohl als in unvollkommenen Wasserpflanzen sind die Luftcanäle in allen Organen auf das Mannigfaltigste entwickelt. So erscheinen sie z. B. im Stengel von Ceratophyllum submersum als schmale in einen Kreis gestellte Röhren

Fig. 76.

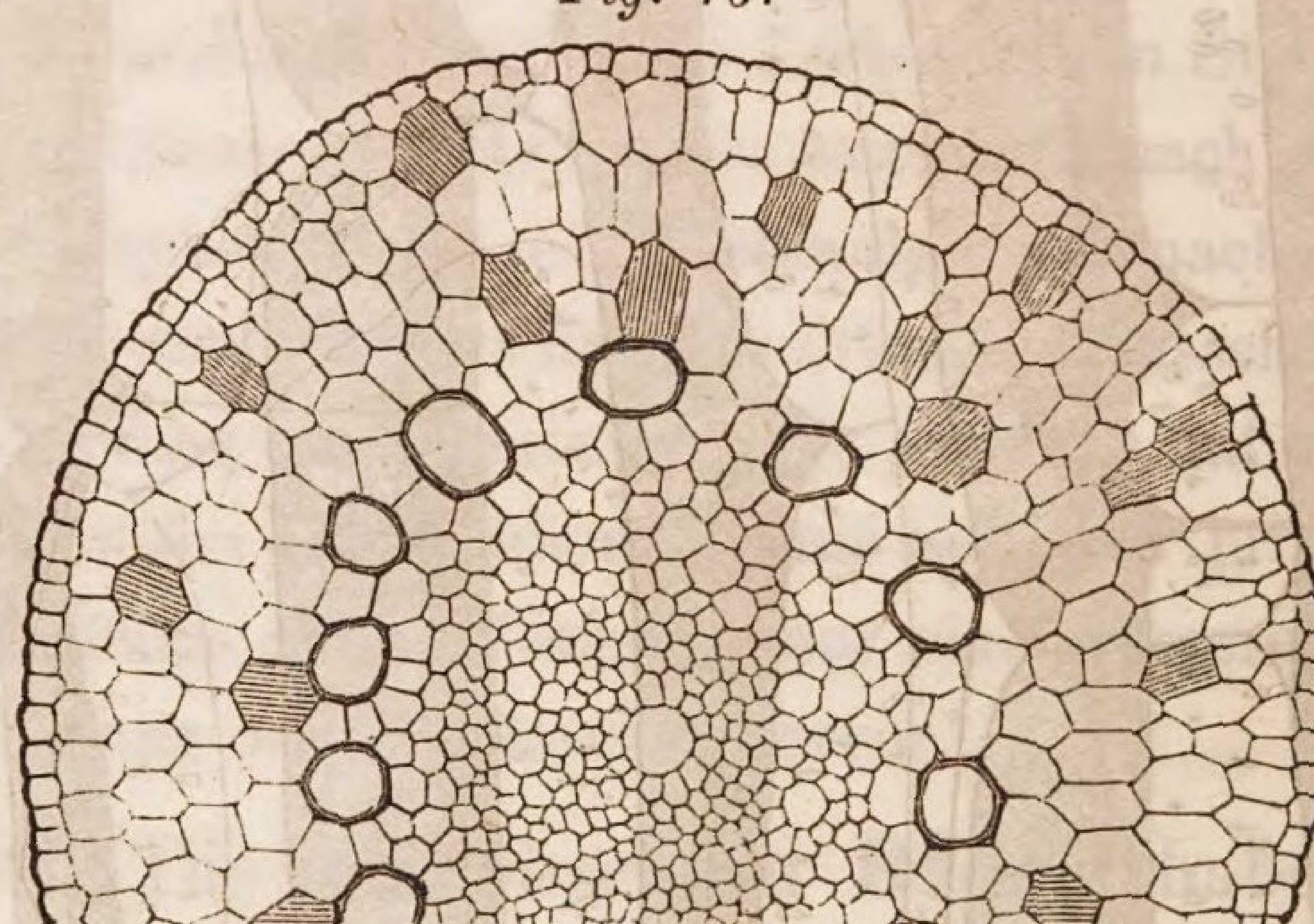
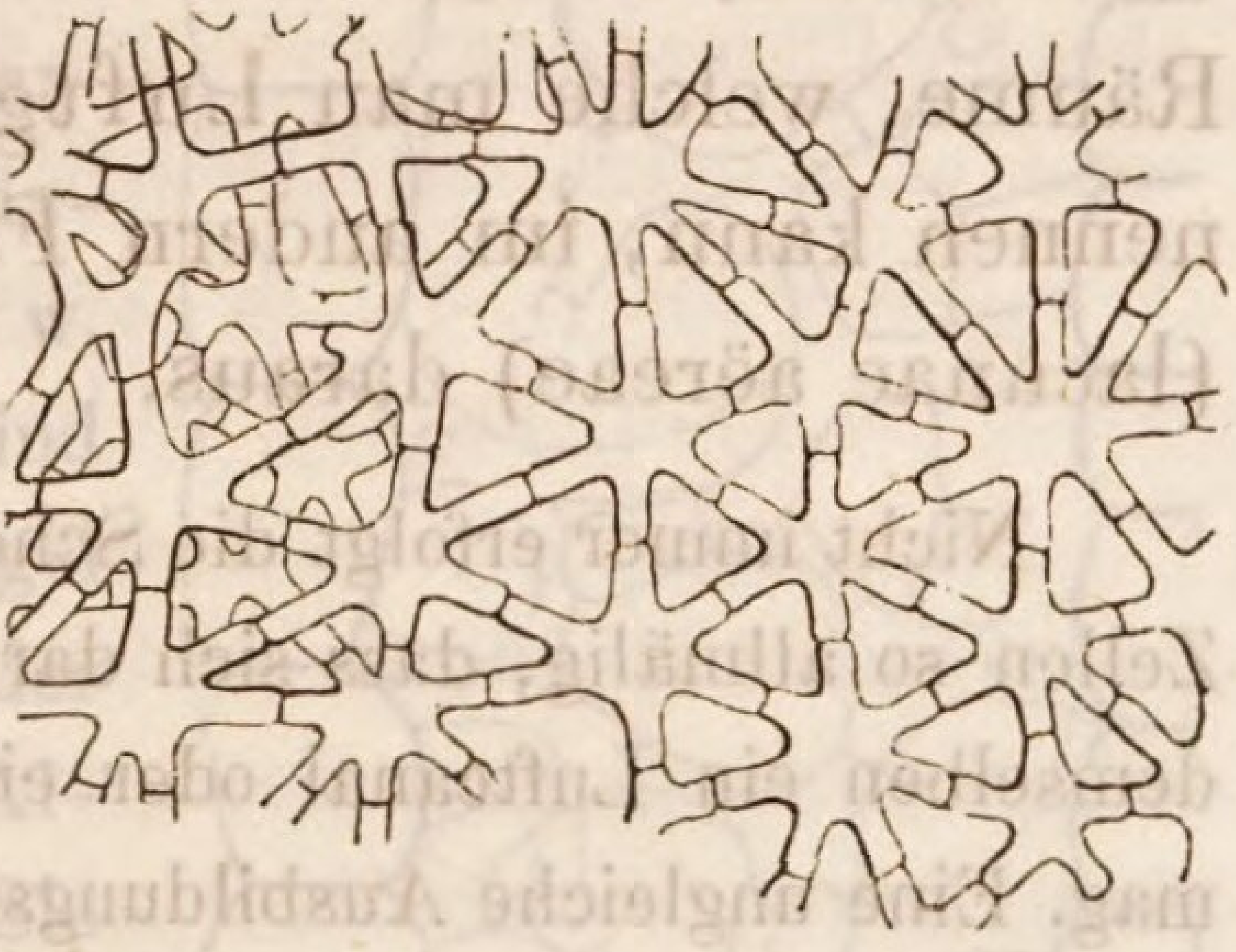


Fig. 76. Dreiviertel Theile des Querschnittes vom Stengel des *Ceratophyllum submersum*. *a* Epidermis. *b* Parenchymatische Zellen der Rinde, von welchen mehrere mit rothem Zellsafte erfüllt sind. *c* Luftcanäle. *d* Mittlerer Theil mit den im Kreise gestellten Gefässbündeln. Vergr. $^{165}/_{1}$.

(Fig. 76 c), während sie bei Potamogeton, Hippuris u. s. w. drei- und mehrfache concentrische Reihen erweiterter Canäle darstellen, die nur durch eine einfache Zellschichte von einander geschieden sind. Dasselbe ist auch im Blatte von Acorus calamus der Fall.

Alle diese Luftcanäle tragen eine doppelte Verschiedenheit an sich, die dadurch hervorgebracht wird, dass dieselben ununterbrochen verlaufen, oder in grösseren und kleineren Distanzen durch Querwände getheilt werden. Letzteres ist der bei weitem häufigere Fall. Diese Querwände liegen horizontal und theilen den Luftcanal in kleine Fächer ab, wie z. B. im Blattstiele der Musaarten, oder sie sind weiter aus einander gerückt in den Knotenpuncten des Stengels, wie bei Ceratophyllum, Myriophyllum, Hippuris u. s. w., oder sie verlaufen schief, wie im Blatte von Acorus calamus. Wenn auch durch die Scheidewände der Luftgang vielfältig unterbrochen wird, so ist doch durch sie die Continuität nicht aufgehoben, indem dieselben grösstentheils aus nicht vollkommen aneinander schliessenden, häufig sogar aus sternförmigen Zellen, welche grosse Zwischenräume lassen, gebildet sind *(Fig. 77)*.

Fig. 77.



Nur selten verlaufen die Luftgänge ununterbrochen durch die ganze Länge des Organes und verzweigen sich durch zahlreiche Aeste in eine unendliche Menge kleiner luftführender Canälchen. Im Blattstiele der Nymphaeaceen sind solche Luftcanäle vorhanden, ihre Verzweigungen durchziehen in allen Richtungen die Blattfläche.

In bei weitem unregelmässigerer Form und Vertheilung gestalten sich die sogenannten Lufthöhlen, welche in kleiner Ausdehnung als Interstitia intercellularia sich an die Intercellulargänge

Fig. 77. Scheidewand des Luftganges von *Juncus conglomeratus*, die in dieser Beziehung der Scheidewand eines Luftcanales ganz gleicht. Vergr. $^{150}/_{1}$.

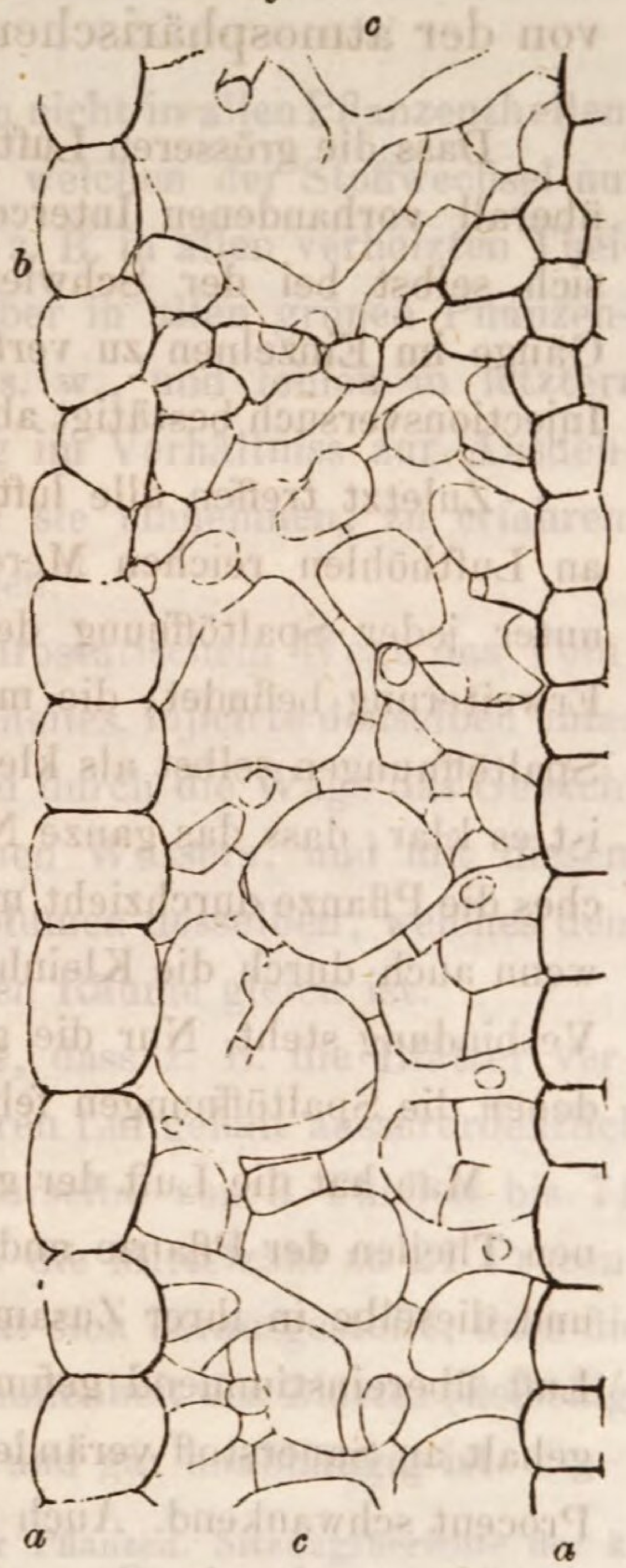
anschliessen, in der grössern Form, als cavitates aëreae, meist unregelmässige Höhlungen im Diachym der Blätter und der blattartigen Organe bilden. In grösserer Menge an einander gehäuft, ohne deutlich mit einander zu communiciren, finden sich solche zellige Lufträume im Parenchym der Blätter von Pistia texensis Klotzsch, wodurch die denselben eigenthümlichen Wülste entstehen. In andern Blättern sind diese Lufträume mehr zerstreut. Das Merenchym, und besonders das aus unregelmässigen Zellen gebildete Merenchym, ist die Stelle, wo sich Luftröhren am natürlichsten und in grösster Ausdehnung auszubilden vermögen. Auch sie verdanken ihre Entstehung nur einem Auseinanderweichen von Zellen, das dort am stärksten ist, wo dieselben durch sackartige Fortsetzungen um so weiter aus einander geschoben werden *(Fig. 42* und *69).*

§. 107. Eine andere Form von luftführenden Räumen entsteht durch Zerreissung grösserer oder kleinerer Partien von Zellgewebe. Ist diess auf gewisse Strecken beschränkt, so entstehen dadurch ebenfalls canalartige Räume, welche man L u f t g ä n g e (meatus pneumatici) nennen kann, im andern Falle werden L u f t l ü c k e n (lacunae aëreae) daraus.

Nicht immer erfolgt die Scheidung der an einander stossenden Zellen so allmälig, dass sich daraus ein Intercellulargang und aus demselben ein Luftcanal oder eine Lufthöhle zu entwickeln vermag. Eine ungleiche Ausbildungsfähigkeit im Zellgewebe lässt zuweilen einzelne Partien in ihrer Entwicklung zurück, während die sie umgebenden Gewebe sich rasch vergrössern. Es kann diess nur mit Verletzungen des Zusammenhanges vergesellschaftet sein, woraus unter gewissen Umständen eine bestimmte Form hervorgeht (Luftgang), oder die Zerreissung von allgemeinen Wachsthumsgesetzen abhängig wird (Luftlücke). Die erstere Gestaltung findet sich nicht selten an Wasserpflanzen, und an solchen, welche eine

grössere Feuchtigkeit lieben. Die **Luftgänge** sind den Luftcanälen sehr ähnlich, sowohl ihrer Form als ihrer Ausdehnung nach, unterscheiden sich jedoch von denselben dadurch auffallend, dass sie nicht durch eine einfache Trennung von Zellreihen hervorgehen, sondern dass mit ihrer Entstehung eine Zerreissung des Zellgewebes, welches an ihren Wänden ersichtlich ist, erfolgt. Im jugendlichen Zustande ist daher jeder Luftgang mit Zellgewebe erfüllt. Sehr deutlich sieht man diess an den Luftgängen des Blattstieles der Cannaarten, wo das dieselben erfüllende und später zerreissende Zellgewebe ein Schwammgewebe ist *(Fig. 78)*. Dasselbe findet im Schafte der Equisetum-, Juncus-, Scirpus-Arten u. s. w. Statt.

Fig. 78.



Von dieser regelmässigen canalartigen Form weichen die **Luftlücken** ganz und gar ab, sie beruhen auf Zerreissungen der innersten Partien vom Zellgewebe und bringen daher hohle Stengel, Blattstiele u. s. w. hervor. Unter diese Kategorie sind die luftführenden Räume im Stengel der Gräser, der Umbelliferen, der Synantheren, in den Blättern der Allium-Arten u. s. w. zu zählen. Sie haben stets eine grössere Ausdehnung als alle übrigen Luftbehälter.

Fig. 78. Längenschnitt durch einen Luftgang des Blattstieles von *Canna glauca*. *aa* Wände des Luftganges. *b* Querwand des Luftganges *cc* Schwammförmiges Zellgewebe, welches den Luftgang erfüllt. Vergr. $^{165}/_{1}$.

§. 106. Die luftführenden Räume der Pflanze bilden ein zusammenhängendes System von Canälen und Höhlen, welches sich durch die Spaltöffnungen der Epidermis nach Aussen mündet. Die in ihnen enthaltene Luft kann daher in ihrer Zusammensetzung nicht wesentlich von der atmosphärischen Luft verschieden sein.

Dass die grösseren Luftbehälter mit den kleineren durch die überall vorhandenen Intercellulargänge zusammenhängen, lässt sich selbst bei der Schwierigkeit, diese kleinen vermittelnden Gänge im Einzelnen zu verfolgen, im vorhinein erwarten. Jeder Injectionsversuch bestätigt aber auch diese Erwartung vollkommen.

Zuletzt treffen alle luftführenden Gänge und Canäle in dem an Lufthöhlen reichen Merenchym der Blätter zusammen, wo unter jeder Spaltöffnung der Epidermis sich eine höhlenartige Erweiterung befindet, die man Athemhöhle genannt hat. Da die Spaltöffnungen selbst als kleine Luftgänge zu betrachten sind, so ist es klar, dass das ganze Netz von luftführenden Räumen, welches die Pflanze durchzieht, mit der atmosphärischen Luft in offener, wenn auch durch die Kleinheit der Oeffnungen etwas gehemmter Verbindung steht. Nur die ganz untergetauchten Wasserpflanzen, denen die Spaltöffnungen fehlen, machen hievon eine Ausnahme.

Man hat die Luft der grösseren Luftbehälter aus verschiedenen Theilen der Pflanze und zu verschiedenen Zeiten untersucht, und dieselbe in ihrer Zusammensetzung mit der atmosphärischen Luft übereinstimmend gefunden, jedoch zeigte sich der Procentgehalt an Sauerstoff veränderlich, und zwar zwischen 16 und 22 Procent schwankend. Auch in ganz von Wasser umgebenen Wasserpflanzen stieg der Sauerstoff nur bis 33 Procent.

Ad. und W. Knop, Ueber die Abhängigkeit der Pflanzen von der Atmosphäre. Chem. pharm. Centralblatt. 1851. Nr. 46.

W. Knop, Ueber das Verhalten einiger Wasserpflanzen zu Gasen. Chem. pharm. Centbl. 1853. Nr. 30. Journ. f. prakt. Chemie. LIX. p. 65.

§. 109. In der Regel nehmen die luftführenden Räume der Pflanzen nur einen geringen Antheil an der Ausdehnung der Pflanzensubstanz, in einzelnen Organen, wie z. B. in den Blättern, ist er jedoch immer von Bedeutung und beträgt im Mittel nahezu ein Viertel ihres Volumens.

Luftführende Räume finden sich nicht in allen Pflanzentheilen, und namentlich nicht in solchen, in welchen der Stoffwechsel nur im geringen Masse Statt findet, wie z. B. in allen verholzten Theilen, desto ausgedehnter sind sie aber in allen grünen Pflanzentheilen, Stengeln und Blättern u. s. w., und fehlen in letztern niemals ganz. Um ihre Ausdehnung im Verhältniss zur Ausdehnung der Pflanzensubstanz, welche sie einnehmen, zu erfahren, hat man folgenden Weg eingeschlagen.

Man bestimmte zuerst auf hydrostatischem Wege das Volumen des zu untersuchenden Pflanzentheiles, injicirte denselben unter der Luftpumpe mit Wasser, und fand durch die Wage das Gewicht des in die Lufträume eingedrungenen Wassers, und mit diesem durch eine leichte Correctur das Volumen desselben, welches dem gesuchten Volumen der luftführenden Räume gleich ist.

Untersuchungen haben gezeigt, dass z. B. die Blätter verschiedener Pflanzen in Bezug auf ihren Luftgehalt ausserordentlich verschieden sind, so zwar, dass derselbe von 3 Theilen bis 71 Theile von Hundert geht, und dass die Mittelzahl zu 21 Procent angenommen werden kann. Auch hat sich herausgestellt, dass die Grösse der Lufträume von der Beschaffenheit des Blattes (fleischig, lederartig, hautartig u. s. w.) ganz und gar unabhängig ist.

F. Unger, Beiträge zur Physiologie der Pflanzen. Sitzungsberichte der k. Akad. d. Wissensch. Bd. XII. p. 367.

III. Abschnitt.

Von den Saftbehältern.

§. 110. Gruppen von Zellen, welche Säfte von besonderer Beschaffenheit in oder zwischen sich enthalten, werden, wenn ihre Längenerstreckung die übrigen Dimensionen um ein Bedeutendes übertrifft, Saftbehälter oder Behälter eigenthümlicher Säfte (conceptacula succi proprii), genannt. Ihr Vorhandensein ist nur auf gewisse Pflanzen und auf bestimmte Theile derselben beschränkt, welche dadurch besondere Eigenschaften erlangen.

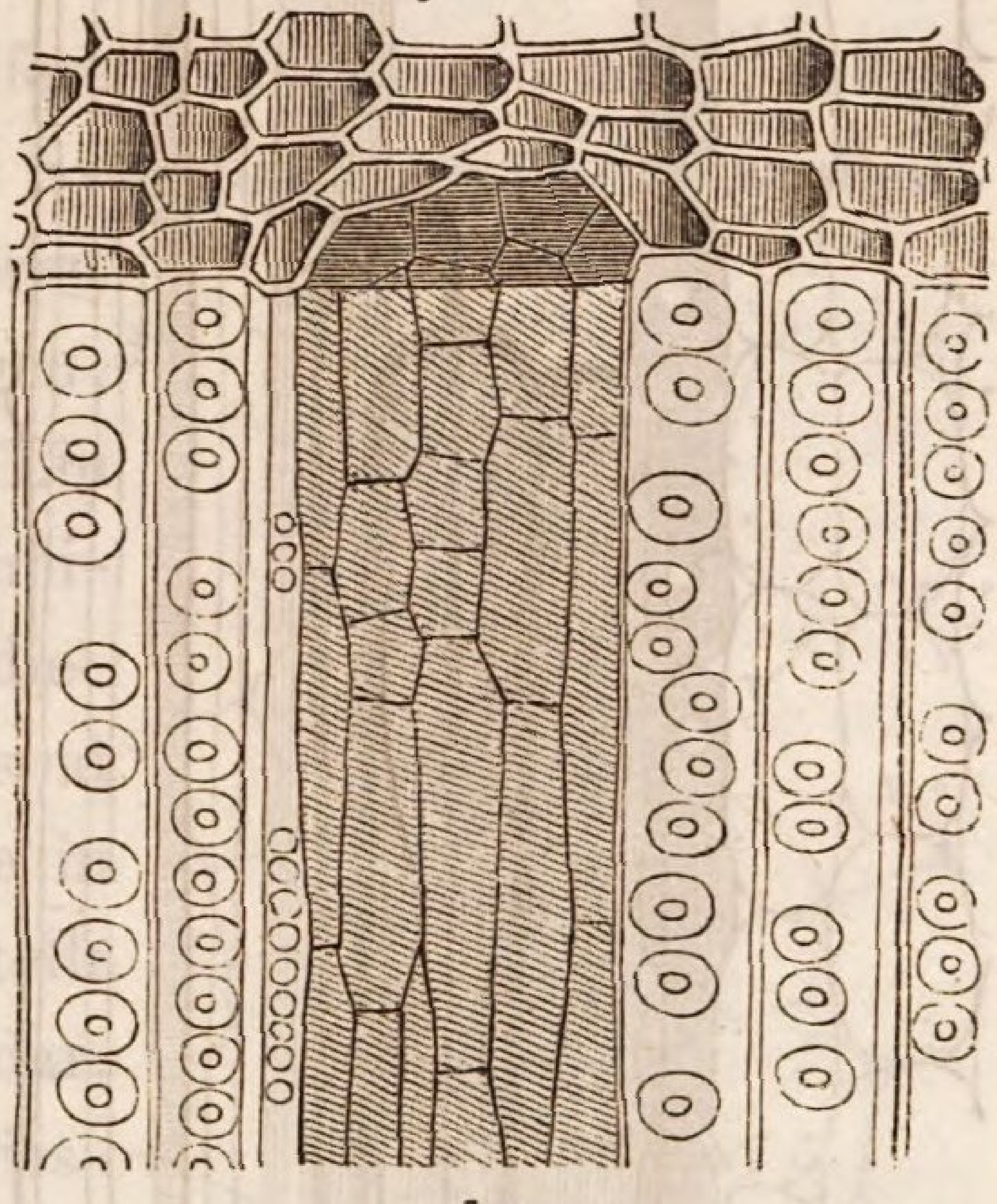
Gewisse Gruppen von Zellen zeichnen sich dadurch aus, dass sie Säfte von eigenthümlicher Beschaffenheit bereiten, und dieselben häufig zwischen sich in eigene Räume ausscheiden. Solche Gruppen von Zellen verlaufen gewöhnlich durch eine längere Strecke im Parenchyme oder im Prosenchyme der Pflanzen und sind stets aus dünnwandigen, mehr oder weniger kugelförmigen polyëdrischen oder prismatischen Zellen zusammengesetzt. Sie kommen nicht häufig vor, und sind vielmehr auf besondere Pflanzenfamilien beschränkt. Beispiele geben die Coniferen, Cycadeen, Aloineen, Polygoneen, Synantheren, Umbelliferen, Amygdaleen, Leguminosen u. s. w.

§. 111. In den Saftbehältern lassen sich zweierlei Formen unterscheiden, je nachdem die eigenthümlichen Säfte in den Zellen, in welchen sie bereitet wurden, angehäuft bleiben, oder je nachdem dieselben in canalartigen Räumen zwischen denselben ausgeschieden werden. Erstere können Saftbehälter im engeren Sinne, letztere Saftgänge genannt werden. Nur zuweilen kommen Combinationen beider Formen vor.

Die Unterscheidung zwischen Saftbehältern und Saftgängen ist unerlässlich, wenn die Lehre von diesen Organen, in der bisher eine chaotische Verwirrung herrscht, zu jener Ausbildung gelangen soll, die sie in hohem Masse verdient. Während die ersteren dadurch ausgezeichnet sind, dass die eigenthümlichen Absonderungsproducte innerhalb der sie bereitenden Zellen angehäuft bleiben, sind bei letzteren diese Producte aus den Grenzen der sie erzeugenden Organe herausgetreten und in Intercellulargängen, die sich bald zu canalartigen Räumen erweitern, angesammelt. Gummi, Harze, Gummiharze, Balsame, Oele u. s. w. werden auf diese Weise bald in Saftbehältern, bald in Saftgängen des Pflanzengewebes ab- und ausgeschieden, wodurch namentlich letztere die Benennungen Harzgänge, Balsamgänge, Oelgänge, Gummigänge u. s. w. erhalten haben *(Fig. 79)*.

Die Harzbehälter der Coniferen liegen im Holze und stellen kleinere oder grössere der Achse parallel verlaufende Bündel von dünnwandigen polyëdrischen und prismatischen Zellen dar, die ganz und gar von flüssigem Harze strotzen *(Fig. 79 b)*, oder sie erfüllen alle Zellen der zusammengesetzten Markstrahlen und erstrecken sich horizontal durch das Holz, wie z. B. bei Pinus abies L.

Fig. 79.



Ganz dieser letzteren Form entsprechend erscheinen die Chrysophanbehälter der Rheumwurzel als Markstrahlen, die ungemein häufig die dünnwandigen kurzen

Fig. 79. Ein Stück aus dem Holze von *Pinus Cembra* mit einem Harzgang. *aa* Holzzellen mit Tüpfeln. *b* Parenchymzellen von Harz erfüllt. Vergr. $^{333}/_{1}$.

Fig. 80.

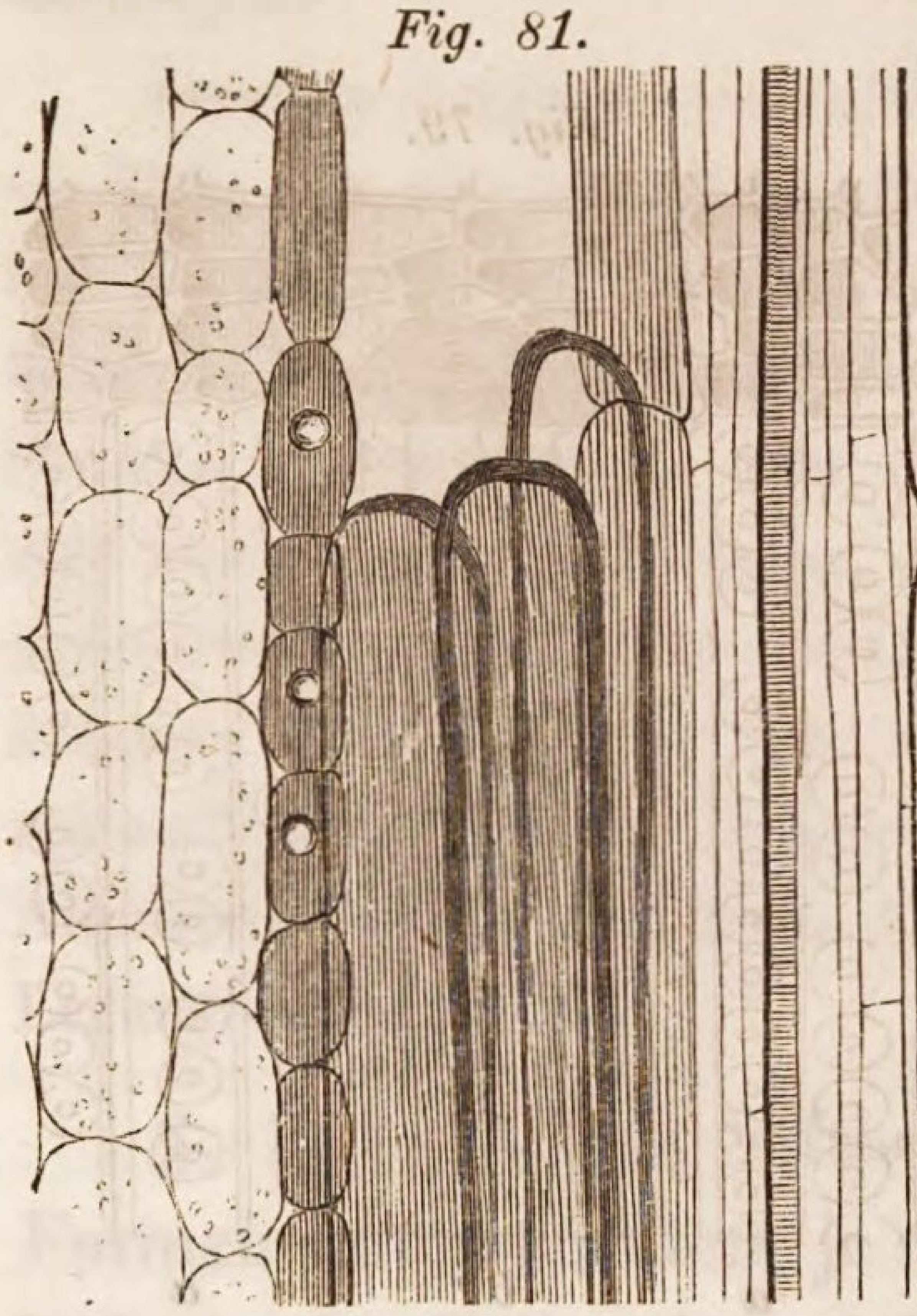


meist spindelförmigen Holzzellen durchkreuzen (*Fig. 80 b*).

Die Chrysophansäure mit den Rhabarberharzen (Aporetin, Phaeoretin und Erythroretin) vermischt, kommt in diesen Behältern sowohl als ein homogener orangegelber Saft als in Form von mennigrothen Tropfen in der wasserhellen Zellflüssigkeit vor.

Von grösserer Ausdehnung sind die Saftbehälter der Aloearten. Sie begleiten als ein Bündel prismatischer Zellen die Gefässbündel dieser Pflanzen. Das Aloëharz ist in den bis zu $^1/_2'''$ langen Zellen aufgelöst oder als kleine Tröpfchen vorhanden (*Fig. 81 a*). Ausserdem findet es sich als eine dunkelrothe Flüssigkeit auch noch in den angrenzenden Intercellulargängen ausgeschieden.

Fig. 81.



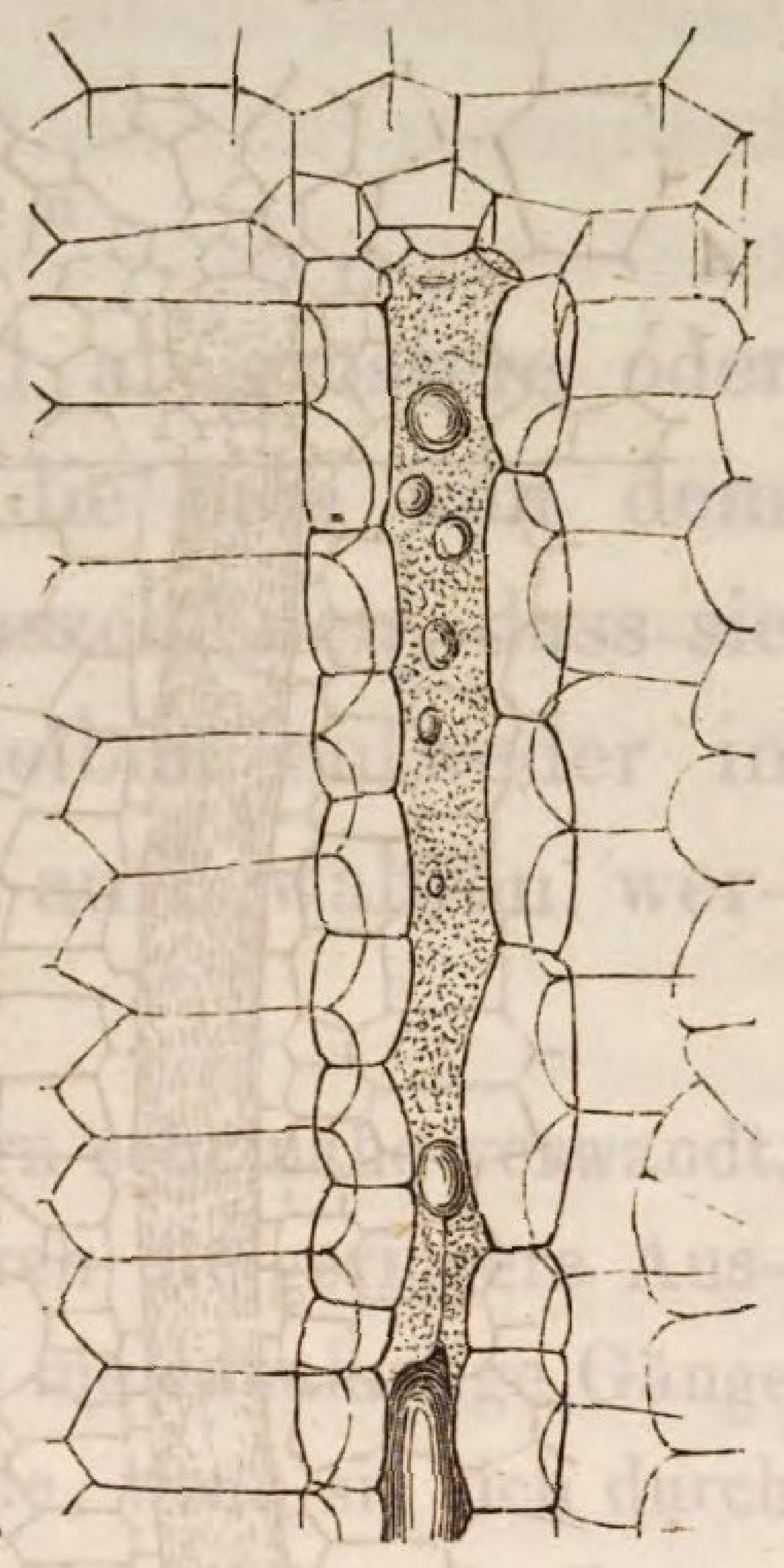
Das Harz der Coniferen kommt jedoch nicht blos in den genannten Behältern, sondern auch in Gängen vor. Am zahlreichsten enthält dergleichen Gänge die Rinde der Stämme, die, indem sie fortwährend von aussen nach innen einreisst, immer neue Harzgänge öffnet, und den Inhalt derselben zum Ausflusse bringt. Ausserdem enthalten auch die nadelförmigen Blätter Harz- oder Balsamgänge.

Fig. 80. Längsschnitt der Wurzel von *Rheum undulatum* parallel der Rinde. *a* Prosenchym. *b* Chrysophanbehälter. Vergr. $^{150}/_1$.

Fig. 81. Längsschnitt durch einen Gefässbündel des Blattes von *Aloë succotrina*. *a* Die Aloëführenden Zellen. Vergr. $^{150}/_1$.

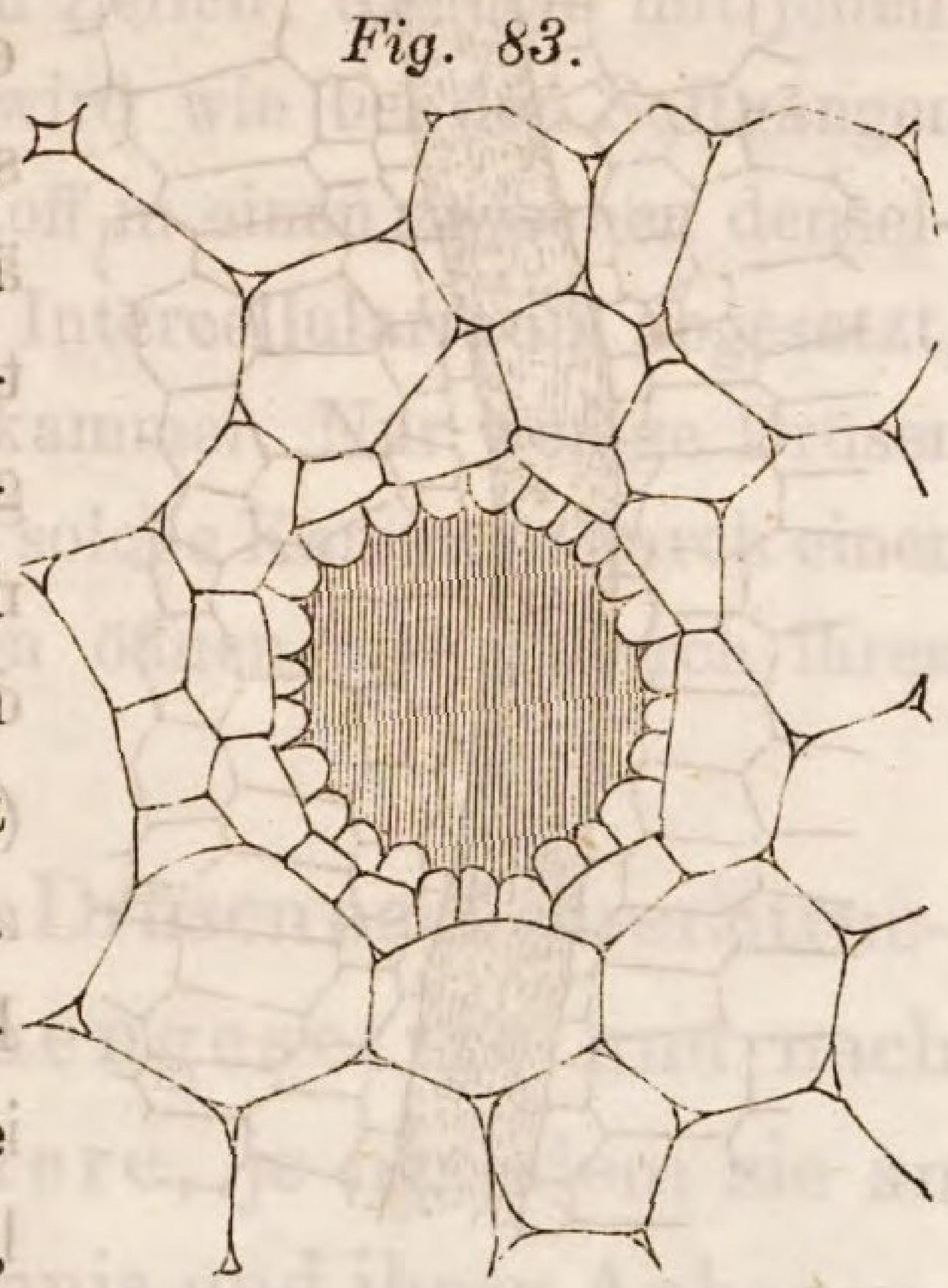
Auch der Weihrauch und die Myrrhe sind nichts anders als die Ausflüsse von Balsamgängen, ersterer aus der Rinde von Boswellia serrata Colebr. und Boswellia floribunda Royle, letzterer von Balsamodendron Myrrha Erb. Dasselbe ist beim Mekkabalsam, Bdellium, Elemi, Takamahaka und mehreren andern Harzen und Gummiharzen der Fall.

Fig. 82.



Von grosser Verbreitung sind die Harz- und Oelgänge der Umbelliferen. Die in der Wurzel derselben vorkommenden Gänge, welche die bekannten Gummiharze der Assa foetida, des Gummi ammoniacum, Gummi galbanum, Sagapenum u. s. w. liefern, sind bisher noch nicht bekannt und untersucht, dafür aber sind die Oelgänge der Umbelliferenfrüchte desto mehr, selbst in diagnostischer Beziehung für die Systematik gewürdigt worden.

Fig. 83.



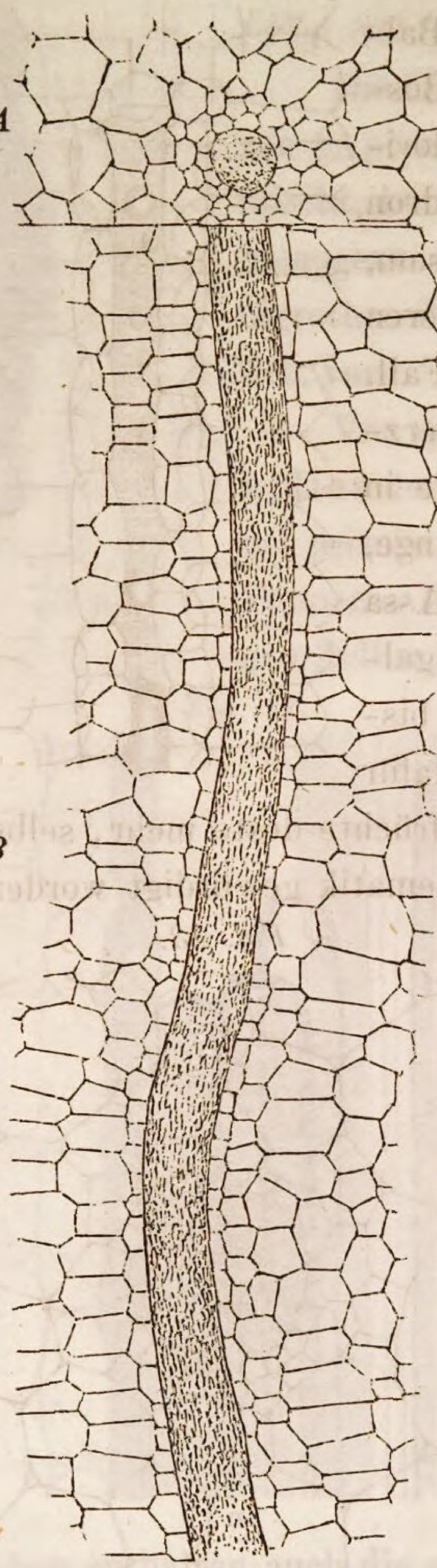
Auch unter den Synantheren finden sich Pflanzen mit Oelgängen, welche duftende Oele enthalten. Ein Beispiel gibt die in Mexiko einheimische Simsia rosea. Die im Stengel dieser Pflanze befindlichen Oelgänge sind sowohl in der Rinde als im Marke in einen Kreis gestellt. *Fig. 82* stellt einen solchen Oelgang des Markes dar.

An die Harz- und Oelgänge schliessen sich die Gummigänge, einfache oder verzweigte canalartige Räume,

Fig. 82. Oelgang aus dem Marke des Stengels von *Simsia rosea* Fenzl. Vergr. $^{160}/_1$.

Fig. 83. Querschnitt durch einen Gummigang des Blattstieles von *Cycas circinalis*. Vergr. $^{150}/_1$.

Fig. 84.



welche Gummi enthalten. Die den Gummigang einschliessenden Zellen sind viel kleiner als die Zellen des Parenchyms, in welchen der Gummigang vorkommt, ja die innersten Zellen sind sogar papillartig erhöht und ragen in den Gummigang hinein (*Fig. 83*). Es ist kein Zweifel, dass von diesen Zellen die Abscheidung von Gummi erfolgt.

Gummigänge kommen in den verschiedensten Pflanzen und ihren Theilen vor, wie z. B. im Stamme und in den Wedelstielen von Cycadeen, im Rhizome der Cannaarten, in der Rinde der Amygdaleen, bei deren Verletzung das Kirschgummi ausfliesst u. s. w.

Am ausgebildetsten erscheinen endlich die Milchsaftgänge, darum so genannt, weil ihr Inhalt ein milchähnlicher, dicklicher Saft ist. Der Structur nach kommen sie mit den Gummigängen vollkommen überein, und können somit mit den Milchsaftgefässen durchaus nicht verwechselt werden (*Fig. 84*). Sie kommen nicht so häufig als die Harz- und Gummigänge vor. Bisher sind sie nur in der Rinde und im Marke der Rhus- und der Mamillaria-Arten gefunden worden.

Icon. gen. pl. flor. germanicae (Umbelliferae).
H. Hoffmann, Ueber die Wurzeln der Doldengewächse. Flora, 1850. Nr. 25, 42.

Fig. 84. Milchsaftgang des Markes von *Rhus typhinum*. Lin. *A* Querschnitt. *B* Längenschnitt. Vergr. $^{150}/_{1}$.

IV. Abschnitt.

Von den Drüsen.

§. 112. Einzelne Zellen sowohl als grössere oder kleinere Massen von Zellgewebe, die sich von dem umgebenden Zellgewebe dadurch auszeichnen, dass sie besondere Stoffe bereiten und dieselben entweder in sich oder in Höhlungen zwischen sich aufbewahren, werden Drüsen (glandulae) genannt.

Die Drüsen sind mit den Saftbehältern sehr nahe verwandt, und unterscheiden sich von diesen nur durch die geringere Ausdehnung, besonders aber dadurch, dass sie nie canalartige Gänge bilden. Nicht selten bildet eine einzige Zelle, wenn sie sich durch den Inhalt oder durch die Excretion eigenthümlicher Stoffe vor den Nachbarzellen auszeichnet, eine Drüse; in der Regel sind es jedoch kugelig geordnete Gruppen von Zellen, die man mit jenem Namen bezeichnet. In vielen Fällen wird wie bei den Saftgängen der durch gewisse Zellen bereitete Stoff in einen zwischen denselben sich nach und nach erweiternden Intercellularraum abgesetzt, in andern fehlt diese Aufbewahrungskammer. Nur wenige Drüsen sind dadurch ausgezeichnet, dass sich solche Kammern durch einen eigenen Ausführungsgang nach aussen öffnen und dadurch ihren Inhalt zu entleeren im Stande sind.

§. 113. Man unterscheidet die Drüsen nach ihrer Structur in einfache und zusammengesetzte und nach ihrer Lage in äussere und innere, je nachdem sie an der Oberfläche, d. i. in der Epidermis und ihren Anhangstheilen, oder tiefer im Parenchyme der Pflanzenorgane liegen. Es gibt wenige Pflanzen und Pflanzentheile, die nicht eine oder die andere Art von Drüsen besässen. Für gewisse Pflanzenfamilien sind sie characteristisch.

Eine grosse Menge wohlriechender, klebriger, zuckerhaltiger u. a. Substanzen werden durch Drüsen bereitet und abgeschieden.

Die Drüsen an den Pflanzen besitzen einen unendlichen Reichthum an verschiedenen Formen, so wie die durch sie abgeschiedenen von dem Inhalte anderer Zellen wesentlich abweichenden Substanzen eine Fülle der mannigfaltigsten Verbindungen darstellen. Welche Unterschiede zeigen diessfalls nicht schon die ätherischen Oele, welche durch ganz ähnlich gebaute Drüsen bei verschiedenen Pflanzen abgesondert werden.

Man kann die Drüsen füglich in einfache und zusammengesetzte Drüsen, und nach ihrer Lage in äussere und innere Drüsen unterscheiden. Beispiele von ersteren geben viele einfache Drüsenhaare, d. i. Haare, deren Endzelle sich durch ihr Absonderungsproduct auszeichnet. Dahin gehören z. B. die Drüsenhaare vieler Labiaten, Scrophularineen, Gesneraceen, Primulaceen, Polemoniaceen und Hydrophylleen, ferner der Chenopodeen, Mesembryanthemen, Portulaceen u. a. m. Seltener finden sich im Innern der Pflanzentheile einfache Drüsen, doch sind dahin zu zählen die Drüsen im Blattparenchyme von Lysimachia vulgaris, von Begonia disticha, im Parenchyme der Blumenblätter von Magnolia fuscata u. s. w. Die Campherdrüsen von Camphora officinarum Nees sind gleichfalls einfache durch das ganze Blattparenchym und durch die Rinde zerstreute Drüsen *(Fig. 85)*.

Als zusammengesetzte Drüsen sind alle,

Fig. 85.

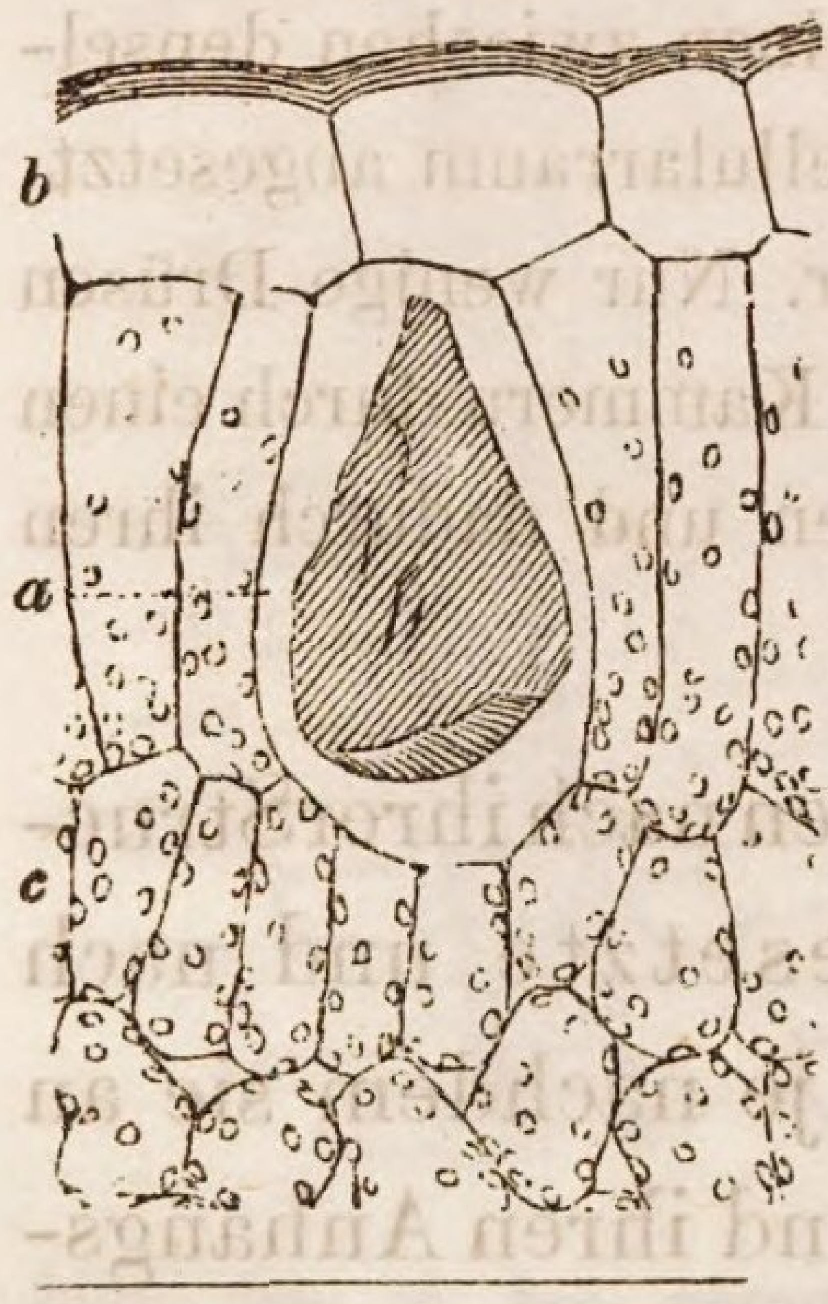


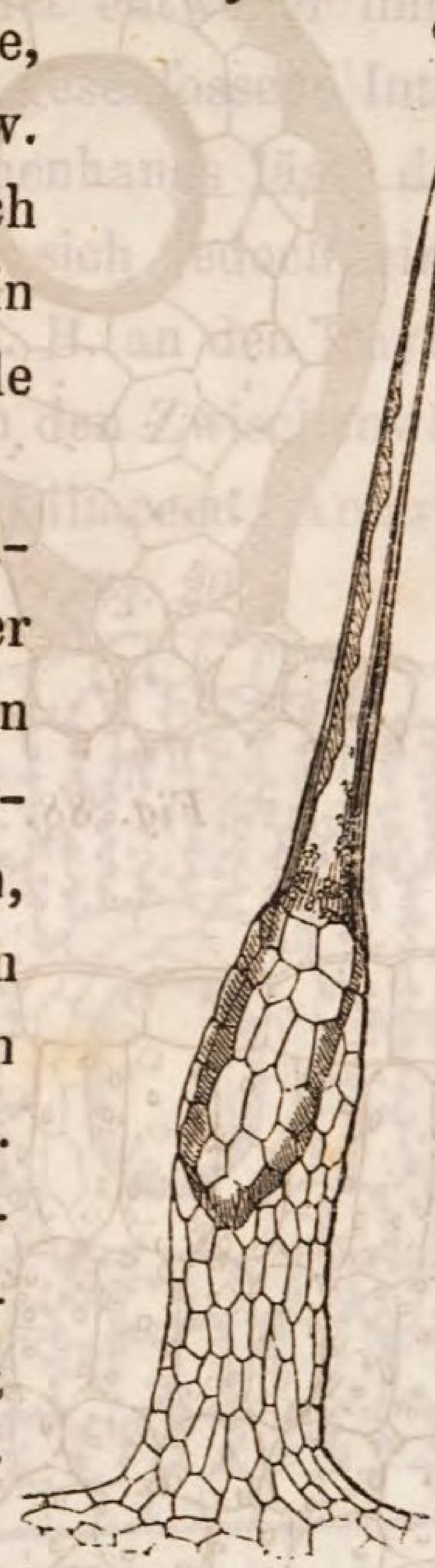
Fig. 85. Querschnitt durch einen Theil der Unterseite des Blattes von *Camphora officinarum*. Die Campherdrüse *a* mit ausgeschiedenem festen Campher befindet sich unmittelbar unter der Epidermis *b*, seitlich und unten von chlorophyllhältigen Zellen *c* eingeschlossen. Vergr. $^{360}/_{1}$.

wenn auch nur aus zwei Zellen gebildeten Apparate zu bezeichnen. Sie sind bei weitem die zahlreicheren, ja man kann sagen, dass fast die meisten einfachen Drüsen in zusammengesetzte Drüsen übergehen.

Wichtiger ist die Unterscheidung der Drüsen in äussere und innere.

Die äusseren Drüsen sind in der bei weitem grösseren Mehrzahl haar- oder borstenförmige Anhängsel der Epidermis, die entweder an ihrem Grunde oder an der Spitze den Drüsenapparat besitzen.

Fig. 86.

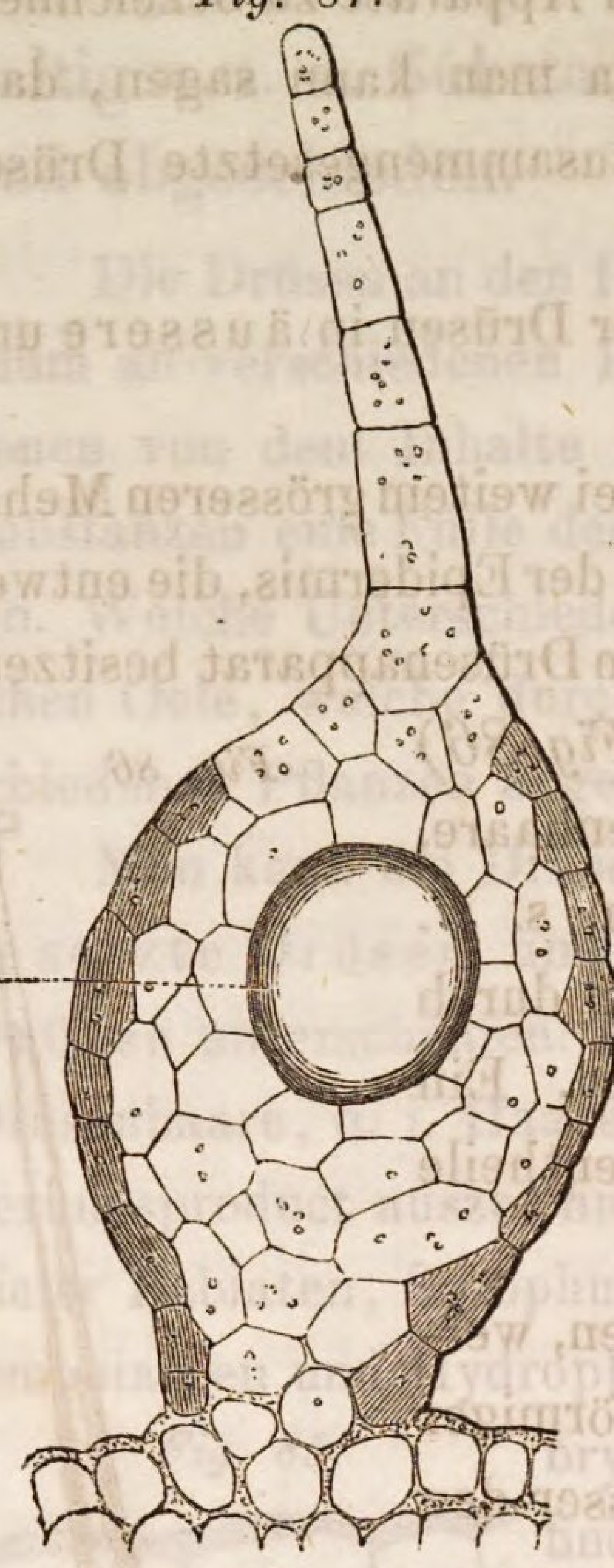


Hieher gehören z. B. die Brennhaare *(Fig. 86)* und im ausgezeichneten Grade die Drüsenhaare, welche die Blüthentheile, die Blätter u. s. w. mancher Pflanzen bedecken und denselben durch ihren Inhalt besondere Gerüche ertheilen. Ein Beispiel geben die Drüsenhaare der Blüthentheile von Dictamnus albus *(Fig. 87)*.

Bei weitem zahlreicher sind die Drüsen, welche an der Spitze haar- und borstenförmiger Fortsätze der Epidermis vorkommen. Ausser den einfachen Drüsenhaaren finden sich bei den verschiedenen Pflanzen zusammengesetzte Drüsen, welche auf einer einfachen Zellreihe oder auf einem aus mehreren Zellreihen gebildeten Fusse stehen und dabei die mannigfaltigsten Formen annehmen. Die Drüsenhaare, welche bei den Labiaten, namentlich bei Melissa, Mentha u. s. w. die Blätter bedecken und denselben den bekannten Duft ertheilen, sind von dieser Art. Zuweilen fehlt der Fuss, und dann erscheinen solche Drüsen sitzend, wie das bei den Drüsen an der Unterseite der Blätter von Plectranthus fruticosus *(Fig. 88)* der Fall ist.

Aehnliche kopfförmige Haardrüsen sind es, welche ausser den ätherischen Oelen noch manche andere Riechstoffe, so wie ölige, harzige und schmierige Substanzen absondern. Die Drüsenhaare

Fig. 87.



von Humulus lupulus, Galium Aparine, so vieler Synanthereen, Dipsaceen, Droseraceen, Begoniaceen, Rosaceen, Leguminosen u. s. w., können als Beleg angeführt werden.

Die inneren Drüsen sind viel seltener einfach als zusammengesetzt. Ihre Zellen zeichnen sich von den umgebenden Zellen durch Kleinheit, durch die Zartheit der Membran und durch ihren farblosen Inhalt aus, der von dem Chlorophyllinhalte der entfernteren Zellen sehr absticht. Auch die inneren Drüsen sind nicht tief in das Parenchym versenkt, sondern halten sich meist der Oberfläche nahe. So ist es bei den Drüsen des Stengels von Hypericum balearicum *(Fig. 89)*, welche sich sogar als Wärzchen über dessen Oberfläche erheben, so bemerkt man

Fig. 88.

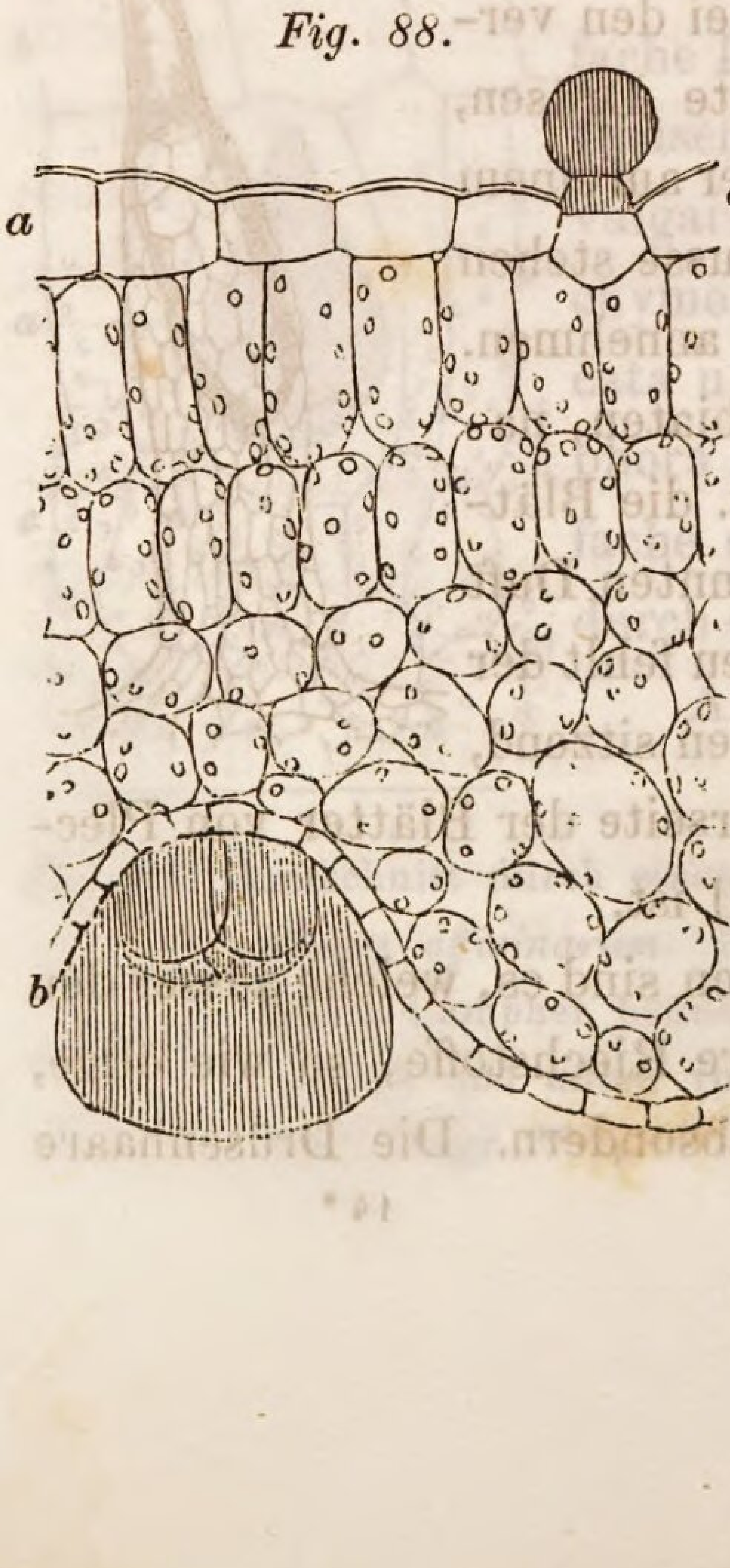
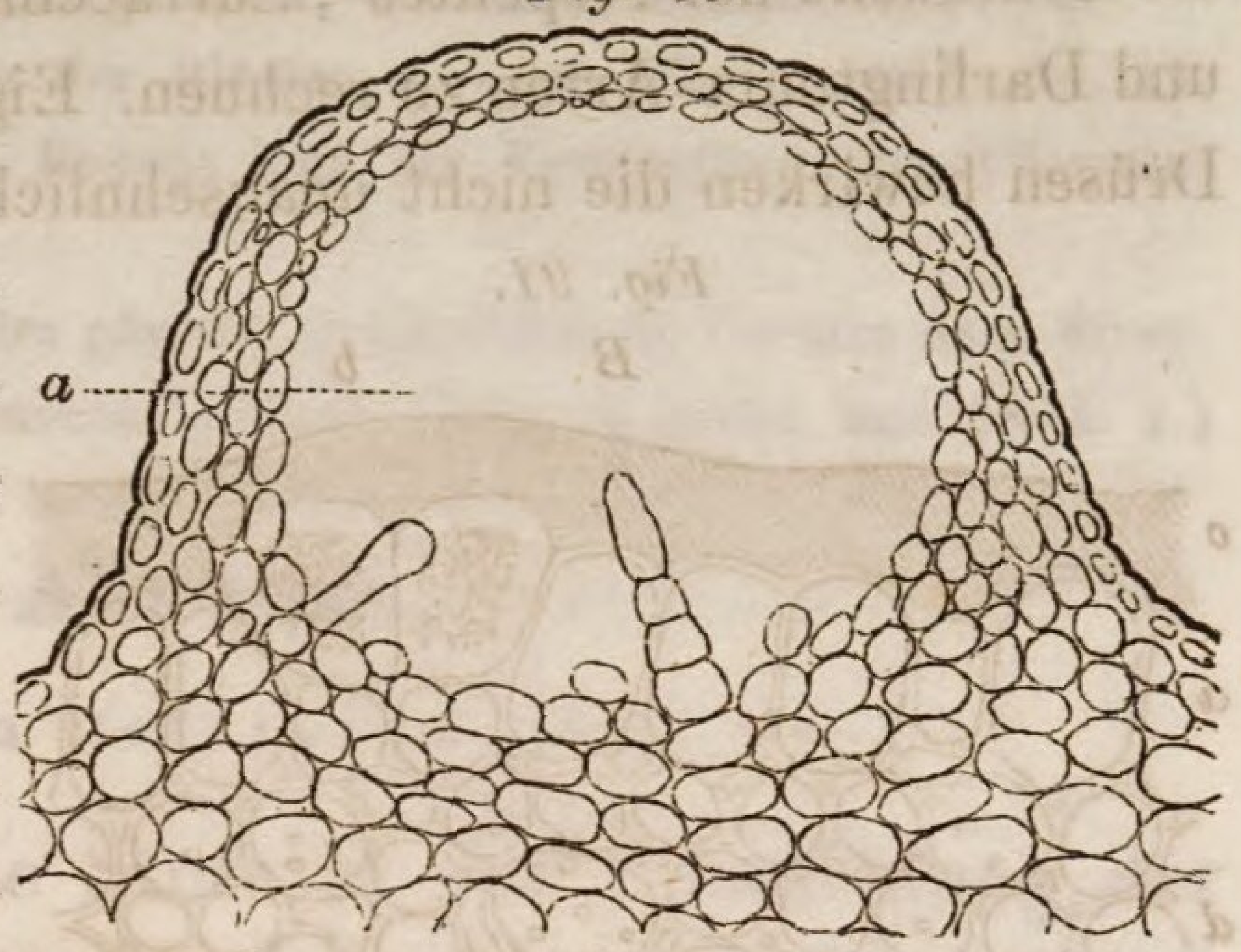


Fig. 87. Ein mitten durch das Drüsenhaar von *Dictamnus albus* geführter Längenschnitt, um die mittlere, von der wohlriechenden Substanz erfüllte Höhle *a* zu zeigen. Bis auf die innerste Zellschichte enthalten alle Zellen Chlorophyll, die äusserste Zellschichte überdiess noch rothen Farbestoff. *b* Epidermis des Blüthenstieles. Vergr. $^{270}/_{1}$.

Fig. 88. Querdurchschnitt des Blattes von *Plectranthus fruticosus*. *aa* Epidermis der Oberseite mit einer einfachen oberflächlichen Drüse. *b b* Epidermis der Unterseite mit der zusammengesetzten und in eine Grube versenkten Drüse. Vergr. $^{333}/_{1}$.

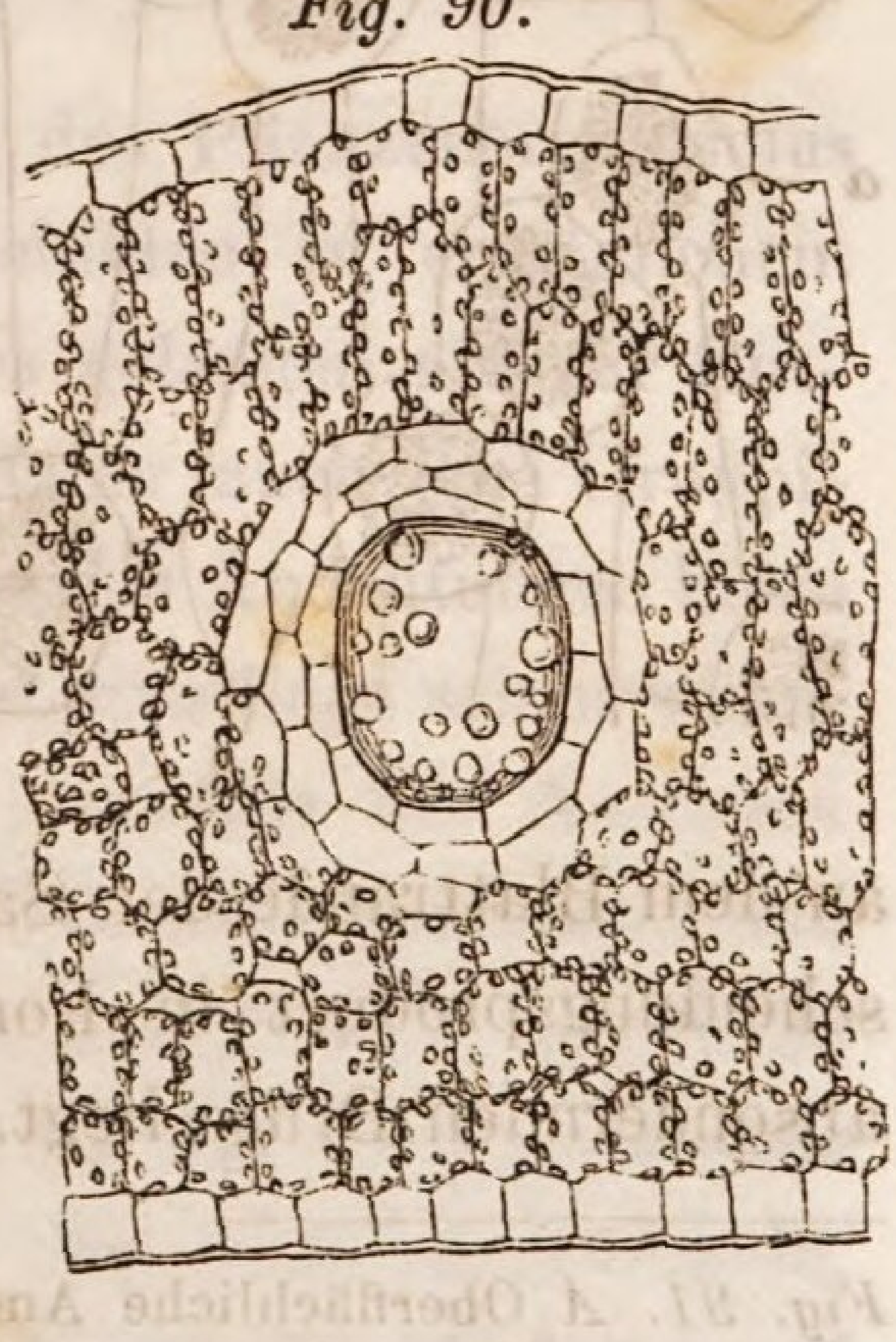
es auch an den Drüsen der Blätter von Ruta graveolens, Citrus aurantium etc. Nur bei Myoporum tuberculatum nehmen die ölabsondernden Drüsen in der Regel die Mitte des Blattdiachyms ein (*Fig. 90*).

Fig. 89.



Alle diese Drüsen besitzen keine Ausführungsgänge. Sie bewahren das Aussonderungsproduct entweder innerhalb der Zellen, oder scheiden es in ringsum geschlossene Intercellularräume ab. Nur Verletzung des Zusammenhangs lässt dasselbe frei werden. Von diesen unterscheiden sich jedoch einige Drüsen mit wahren Ausführungsgängen, wie z. B. an den Phyllodien der Acacien, ferner die Drüsen, welche in den Zwischenwänden des Ovariums, eines grossen Theiles der Liliaceen, Amaryllideen, Bromeliaceen, Canneen, Musaceen, Irideen und Haemodoraceen vorkommen, und deren Höhlen sich durch Gänge nach aussen münden.

Fig. 90.



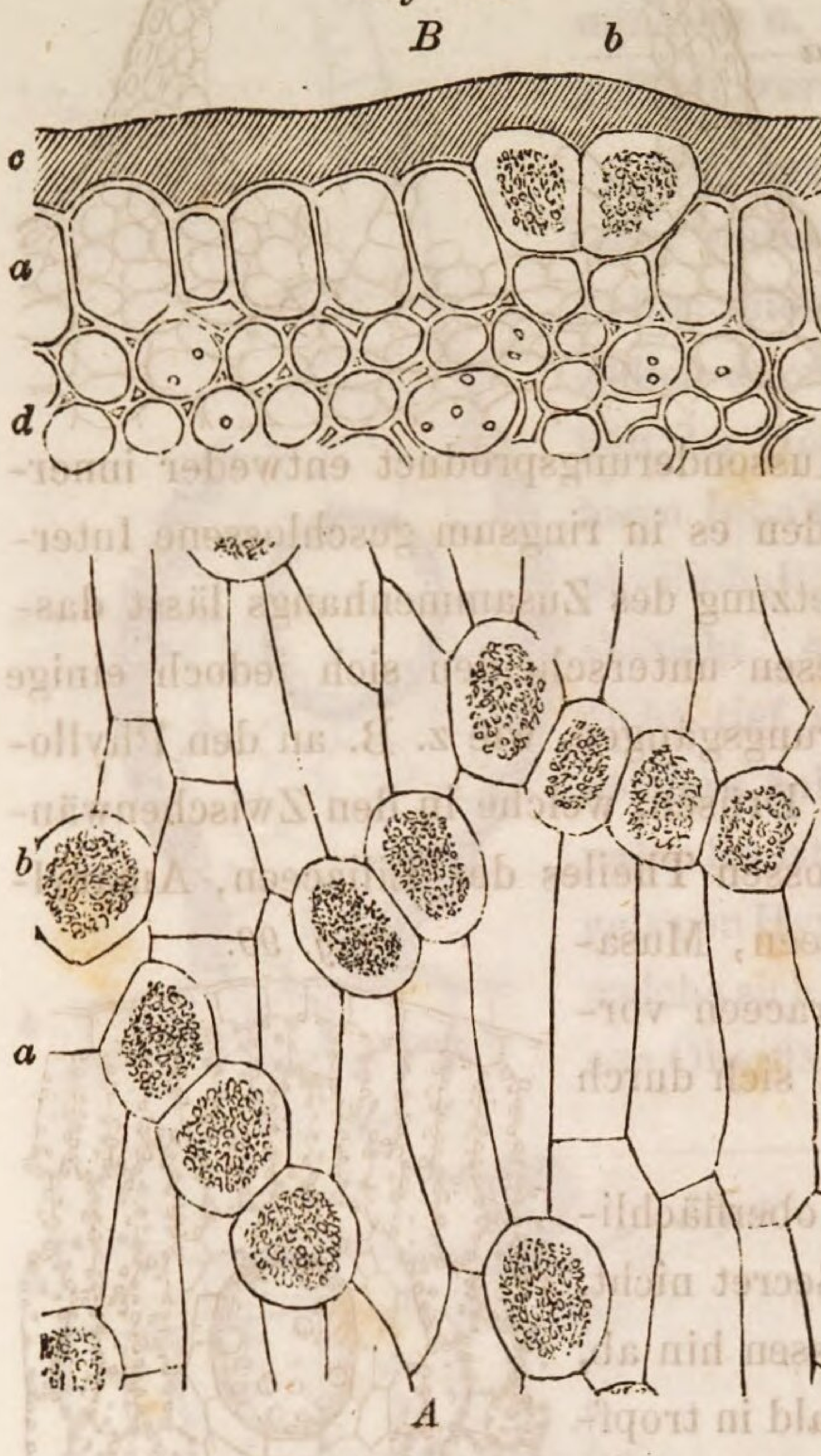
Eine andere Reihe von oberflächlichen Drüsen bewahren ihr Secret nicht, sondern scheiden es nach aussen hin ab, wo es bald in gasförmiger, bald in tropfbarer oder in fester Form erscheint. Zu den luftsecernirenden Organen gehören die Blasen (Ampulae) der Utricularien, zu den wasserausscheidenden Organen sind

Fig. 89. Durchschnitt durch eine Drüse des Stengels von *Hypericum balearicum.* In den Hohlraum *a* ragen einzelne Zellen papillartig hinein. Vergr. $^{150}/_{1}$.

Fig. 90. Querschnitt durch einen Theil des Blattes von *Myoporum tuberculatum*, mit der in der Mitte sich befindlichen Drüse. Vergr. $^{333}/_{1}$.

die Schläuche der Nepentes-, Sarracenia-, Cephalotus-, Dischidia- und Darlingtonia-Arten zu rechnen. Eigene oberflächlich gelegene Drüsen bewirken die nicht unansehnliche Wasserausscheidung.

Fig. 91.



Eben so werden eine grosse Menge zuckerhältiger Säfte durch oberflächliche Drüsen am Grunde der Blumenblätter, des Fruchtknotens u. s. w. abgeschieden. Aehnliche Zuckerdrüsen finden sich überdiess noch an den Blättern von Viburnum Tinus und Chlerodendron fragans.

Auch Absonderungen klebriger Substanzen werden durch oberflächliche Drüsenapparate bewerkstelliget, wie diess unter andern an den Stengeln von Lychnis Viscaria L. und Silene nemoralis der Fall ist (*Fig. 91*).

Endlich sind noch die kalkabsondernden Drüsen an dem Blattrande der Saxifraga-Arten zu erwähnen, deren Abscheidungsproduct in Form kleiner weisser Schüppchen auf der absondernden Drüse liegt.

Fig. 91. *A* Oberflächliche Ansicht der Epidermis des Stengels von *Lychnis Viscaria* L., einige Linien unterhalb eines Knotens von dem klebrigen Ueberzuge durch Alkohol gereiniget. *a* Epidermiszellen. *b* Zerstreute Drüsenzellen von einer körnigen Substanz erfüllt. *B* Senkrechter, auf dieselbe Oberfläche geführter Schnitt. *a* Epidermis. *b* Drüsenzellen. *c* Die gleichförmig ergossene schmierige Substanz. *d* Merenchym des Stengels, dessen Zellen sparsam mit Chlorophyll erfüllt sind. Vergr. $^{270}/_{1}$.

F. Meyen, Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Berlin, 1837. 4.
F. Unger, Ueber Zuckerdrüsen der Blätter u. s. w. Flora, 1844. Nr. 41.
Idem, Ueber den Einfluss des Bodens auf die Vertheilung der Pflanzen. Wien, 1836.
A. Brongniart, Mémoire sur les glandes nectarifères de l'ovaire dans diverses familles des plantes monocotyledones. (Ann. d. scienc. nat. 1854. 1.)

V. Abschnitt.

Von den Gefässbündeln.

§. 114. Die höchste Stufe in der Entwicklung der Zellgruppen nehmen die aus langgestreckten Zellen zusammengesetzten Massen ein, welche in Form von Strängen oder Bündeln den Pflanzenkörper durchsetzen. Wegen des durchgreifenden fast nie fehlenden Antheils, den die Spiralgefässe an diesen Bildungen nehmen, hat man diese Faserbündel auch Gefässbündel (fasciculi vasorum) genannt.

Es gehört eine gewisse Ausbildung des Pflanzenorganismus dazu, um die Entstehung von Fusionsgebilden zu ermöglichen. Mehrere Abtheilungen des Gewächsreiches gelangen nie zur Entwicklung von Spiroiden, es fehlt ihnen daher auch jene Gruppirung, welche man Gefässbündel nennt, obgleich Andeutungen hiezu in den Faserbündeln an manchen derselben allerdings schon wahrzunehmen sind. Die Gefäs bündel sind jedenfalls ein Ausdruck reiferer und allseitigerer Ausbildung des Pflanzenorganismus, und höchst wahrscheinlich mit den erhöhten Bedürfnissen desselben auf das Innigste verbunden. Die Gefässbündel sind ohne Ausnahme langgezogene, strangförmige, meist zähe und feste Gewebstheile, welche im Parenchyme oder Merenchyme verlaufen, dasselbe auf die mannigfaltigste Weise durchsetzen und verbinden, und zur Festigkeit der verschiedenen Pflanzentheile nicht wenig beitragen. Durch Maceration lassen sich die Gefässbündel von den anliegenden Gewebstheilen für das freie Auge leicht isoliren.

§. 115. Die Elementartheile und Fusionsgebilde, welche zur Bildung des Gefässbündels zusammentreten, sind mannigfaltig. Einige derselben kann man als wesentliche, andere als ausserwesentliche bezeichnen. Zu den wesentlichen nie fehlenden Theilen eines Gefässbündels gehören langgestreckte, zu einem Bündel vereinigte Zellen, zu den ausserwesentlichen und daher zuweilen fehlenden Bestandtheilen desselben müssen die Spiroiden gezählt werden. Das Vorhandensein beider und die mannigfaltigere Entwicklung derselben bedingt die grösste Vollkommenheit der Gefässbündel.

Die Gefässbündel bestehen weder nach ihrer ganzen Erstreckung noch in den verschiedenen Pflanzentheilen, viel weniger in den verschiedenen Pflanzen selbst aus einerlei Art von Elementarorganen. In ihrem Ursprunge durchaus nur aus langgestreckten Zellen zusammengesetzt, wovon stets nur ein Theil sich in Fusionsgebilde umwandelt, können sie streng genommen nur als Gruppen von langgestreckten Zellen betrachtet werden, wodurch es sich von selbst ergibt, dass auch im ausgebildeten Gefässbündel die langgestreckten Zellen als die wesentlichste Form ihrer Bestandtheile angesehen werden müssen. In der That besteht der Gefässbündel zuweilen nur aus langgestreckten Zellen (Faserbündel), wie z. B. in dem Moosstamme, in Lemna, Ceratophyllum, den Podostemeen, einigen Potamogeton-Arten u. s. w., wo überhaupt noch keine Spiralgefässbildung erscheint. Im anderen Falle ist wenigstens ein oder der andere Theil des Gefässbündels, meistens die Endtheile, nur aus gestreckten Zellen zusammengesetzt.

Meistens treten jedoch selbst in diesen Zellen durch grössere oder geringere Weite des Lumens, durch Uebergänge von der prismatischen in die spindelförmige Figur, ferner durch grössere oder geringere Verdickung der Zellwand Unterschiede hervor, die für

den Bau des Gefässbündels von Wichtigkeit sind und dessen Unterschiede bedingen.

In der Regel kommen allen Gefässbündeln Spiroiden zu, und zwar meist mehrere Formen zugleich. Dieselben begleiten sie nach ihrer ganzen Erstreckung, mit Ausnahme der Endtheile und einiger anderer Stellen, wo sie sich allmälig verlieren. Der Anzahl der Spiralgefässe und ihren verschiedenen Formen, so wie ihrer Vertheilung unter den übrigen Elementen, verdankt das Gefässbündel eine eben so grosse Mannigfaltigkeit.

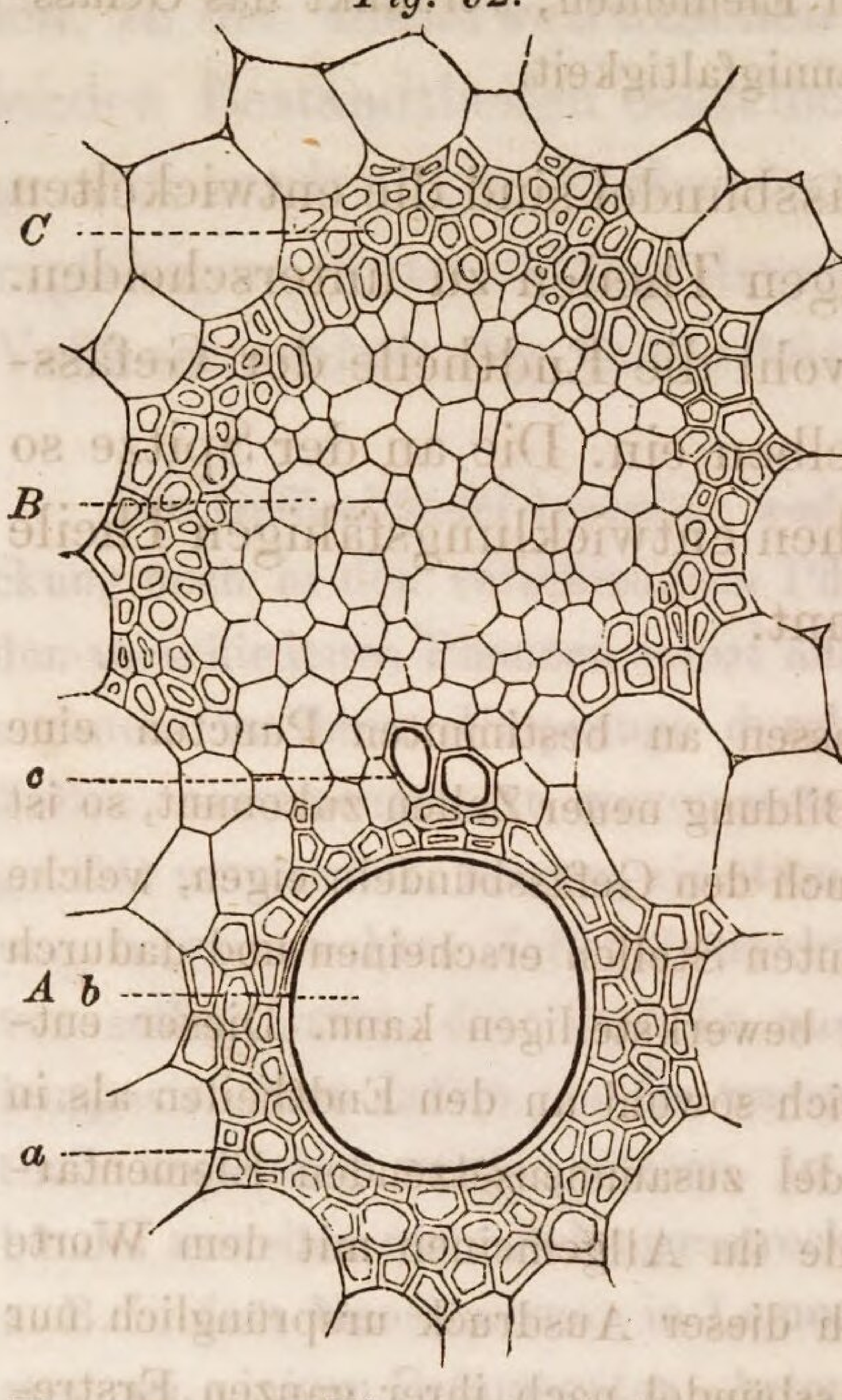
§. 116. In jedem Gefässbündel sind die entwickelten von den entwicklungsfähigen Theilen zu unterscheiden. Die letzteren nehmen sowohl die Endtheile der Gefässbündel als die Mitte derselben ein. Die an der Spitze so wie in der Mitte befindlichen entwicklungsfähigen Theile werden Cambium genannt.

Wie allen Zellgewebsmassen an bestimmten Puncten eine Entwicklungsfähigkeit durch Bildung neuer Zellen zukommt, so ist diese Entwicklungsfähigkeit auch den Gefässbündeln eigen, welche gleichfalls hier nur an bestimmten Stellen erscheinen und dadurch eine Vergrösserung derselben bewerkstelligen kann. Dieser entwicklungsfähige Theil findet sich sowohl an den Endtheilen als in der Mitte der die Gefässbündel zusammensetzenden Elementartheile. Man kann diese Theile im Allgemeinen mit dem Worte Cambium bezeichnen, obgleich dieser Ausdruck ursprünglich nur für das in der Mitte der Gefässbündel nach ihrer ganzen Erstreckung vorkommende Bildungsgewebe gebraucht wurde.

Es ist eine Eigenthümlichkeit mancher Gefässbündel, es bei der ersten Anlage des Cambiums bewenden zu lassen, ohne seine weitere Ausbildung und Wiedererzeugung zu bewerkstelligen. Solche in der Entwicklung stehen gebliebene Cambiumstheile wurden von den Anatomen als eigene Gefässe (vasa propria) bezeichnet.

§. 117. Die Elemente des Gefässbündels sind nicht ordnungslos, sondern nach einem bestimmten Gesetze unter einander verbunden, wodurch ein für alle gleich bleibender Bau bedingt wird. Die einzelnen Partien der Elementarorgane in einem entwickelten Gefässbündel sind nach ihrer Aufeinanderfolge von innen nach aussen

Fig. 92.



1. eine Lage prismatischer oder spindelförmiger Zellen, vermischt mit Spiroiden, d. i. der Holztheil des Gefässbündels. *Fig. 92 A*;

2. ein Bündel bildungsfähigen Zellgewebes, das Cambium. *Fig. 92 B*;

3. eine Lage spindelförmiger dickwandiger Zellen, der Basttheil des Gefässbündels. *Fig. 92 C.*

Gefässbündel in ihrer vollkommenen Ausbildung sind immer aus mehreren in einzelne Partien gesammelten Formen von Elementartheilen zusammengesetzt. Diese Partien haben für alle Theile des Gefässbündels, für alle Gefässbündel einer Pflanze, ja für die Gefässbündel sämmtlicher höherer Pflanzen einerlei Anordnung.

Fig. 92. Querschnitt eines Gefässbündels von *Canna indica*. *A* Holztheil und zwar: *a* Holzzellen, *b* grosses Spiralgefäss, *c* zwei kleine Spiralgefässe. *B* Cambium *(vasa propria)*. *C* Basttheil, rings von sphäroidischen Zellen umgeben. Vergr. $^{270}/_{1}$.

Den Hauptheil des Gefässbündels bildet eine Vereinigung von langgestreckten, prismatischen oder spindelförmigen Zellen, die häufig dickwandig werden, und den festesten Theil des Gefässbündels ausmachen. Dieser Theil wird Holztheil genannt, weil er es ist, aus dem sich bei vielen Pflanzen das Holz entwickelt. Nicht selten nehmen an dem Baue dieser Gefässbündelpartie Spiroiden Antheil, welche sowohl gesammelt als mit den übrigen Elementartheilen vermischt erscheinen.

Wo mehrere Formen der Spiralgefässe zugleich vorhanden sind, nehmen die einfachen Spiroiden und Ringgefässe den inneren oder hinteren, die netzförmigen und porösen Spiralgefässe, welche die ersteren auch an Weite des Lumens übertreffen, den äusseren oder vorderen Platz ein, und es ist nicht selten eine bestimmte Vertheilung derselben unter den begleitenden Zellen zu beobachten. So entwickelte Gefässbündel lassen selbst eine ziemlich scharfe Unterscheidung eines hinteren und eines vorderen Holztheiles zu, von denen nicht selten jedweder seinen eigenen Bildungsgang verfolgt.

Weiter nach aussen grenzt an den Holztheil eine geringere oder mächtigere Lage von sehr dünnwandigen mit trübem dicklichen Safte erfüllten gestreckten Zellen, das bildungsfähige Gewebe Cambium, das in vielen Fällen (bei Monocotyledonen) als Hemmungsbildung (vasa propria) erscheint, äusserst selten jedoch in doppelter Form als fortbildendes, so wie als unveränderliches Bildungsgewebe auftritt. Das Cambium wird nach aussen von einer gewöhnlich nicht unbeträchtlichen Schichte dickwandiger spindelförmiger oder Faser-Zellen in halbmondförmiger Anordnung umgeben, welche den sogenannten Basttheil des Gefässbündels bilden.

Von diesen verschiedenen Theilen des Gefässbündels mangelt bei vielen Pflanzen der Cambiumtheil, und zwar dort, wo nichts mehr in unausgebildeter Anlage vorhanden ist, nicht selten fehlt auch der Basttheil. Nur der Holztheil ist immer vorhanden, jedoch ist auch dieser zuweilen nur auf gestreckte Zellen beschränkt.

§. 118. In der Entwicklung und Ausbildung der Gefässbündel lässt sich demnach eine zweifache Verschiedenheit erkennen; entweder behalten die einmal ausgebildeten Gefässbündel fortwährend unveränderlich dieselbe Gestalt und Ausdehnung bei, oder diese ändert sich in Folge des Wachsthumes der Pflanze. Erstere kann man geschlossene Gefässbündel (fasciculi vasorum definiti), letztere ungeschlossene oder veränderliche Gefässbündel (fasciculi vasorum indefiniti) nennen. Die Veränderung, welche letztere erfahren, ist wieder zweierlei; sie ist entweder nur auf die Endtheile des Gefässbündels beschränkt, während die übrigen Theile unverändert bleiben, oder sie erstreckt sich sowohl auf die Endtheile als auf die bereits ausgebildeten. Erstere sind sprossende Gefässbündel (fasciculi vasorum continui), letztere nachwachsende Gefässbündel (fasciculi vasorum succedanei) zu nennen.

Sobald die Gefässbündel aus dem ursprünglichen Zustande. in welchem alle Theile einander mehr oder weniger gleich sind, in jenen ihrer vollen Ausbildung gelangen, tritt bei den meisten keine Aenderung mehr ein, mit Ausnahme der Enden, welche sich in gleicher Beschaffenheit fortbilden, und nur bei wenigen findet zugleich ein Nachwachsen ihres Körpers Statt, wodurch sie sich fortwährend verdicken. Ohne alle weitere Veränderung bleiben die Gefässbündel aller mit Einem Samenlappen keimenden Pflanzen (Monocotyledonen); ein Endwachsthum zeigen die Gefässbündel der Farn, der Schachtelhalme u. s. w.; eine Zunahme in allen Theilen, d. i. in ihrer ganzen Erstreckung, findet bei den Gefässbündeln der Gymnospermen und der Dicotyledonen Statt. Im letzteren Falle geht die Vergrösserung stets aus dem Cambium zwi-

schen dem Baste und dem Holztheil vor sich, wodurch ein fortwährend schichtenweises Anwachsen beider erfolgt.

§. 119. Die Gefässbündel kommen ausschliesslich nur den stammbildenden Pflanzen zu und fehlen allen übrigen. In den einfachsten derselben sind sie nur auf den Stamm beschränkt, in den höher entwickelten kommen sie aber ausser dem Stamme auch in den Anhangsorganen vor. Die in den letztern erscheinenden Gefässbündel sind stets nur Zweige der Gefässbündel des Stammes.

Unterscheidet man zwischen Pflanzen mit deutlicher Stammbildung und ohne dieselbe (Thallophyta und Cormophyta), so bemerken wir eine Entwicklung des Zellgewebes zu Gefässbündeln erst in solchen Pflanzen, welche mit Achse und Anhangsorganen versehen sind. In den untersten Formen, wie z. B. in den Moosen, besitzt nur der Stamm, nicht aber zugleich die Blätter, ein Gefässbündel, in den höheren Formen sind auch diese damit versehen. Es beherrscht aber alle diese Pflanzen das Gesetz, dass die Gefässbündel der Anhangsorgane nur seitliche Abzweigungen der Gefässbündel des Stammes sein können, wie jene gleichfalls nur Ausstrahlungen der Achse sind. Die Gefässbündel der Anhangsorgane sind daher stets nur secundär, nie primär. Nicht die Achse wird von den Blättern mit denselben versorgt, sondern die Blätter werden durch die Gefässbündel der Achse versehen.

F. Unger, Rückblick auf die verschiedenen Entwicklungsnormen beblätterter Stämme. Denkschr. d. k. Akad. d. Wiss. I. 1849.

S. Hanstein, Plantarum vascularium folia, caulis radix utrum organa sint origine distincta an ejusdem organi diversae tantum partes. Linnaea XXI. 1848. p. 65.

§. 120. Während die Gefässbündel des Stammes bald als geschlossene, bald als veränderliche erscheinen, sind die von ihnen abgehenden Zweige, welche in die

Anhangsorgane treten, stets geschlossen. Wenn daher der Stamm der Pflanzen einer unbegrenzten Entwicklung sowohl der Länge als der Breite nach fähig ist, sind die Blätter auf ein gewisses Mass beschränkt.

Ueber die unbeschränkte Entwicklungsfähigkeit der Gefässbündel des Stammes kann kein Zweifel sein. Sowohl das Längenwachsthum als das Breitenwachsthum des Stammes ist in der Anlage sicher unbeschränkt und wird nur durch äussere und innere hemmende Nebenumstände auf ein endliches Mass zurückgeführt. Nicht blos ungewöhnlich hoch in die Luft sich erhebende Baumstämme, sondern auch weit und breit in der Erde oder im Wasser sich verbreitende Rhizome können als Beispiele angeführt werden. Selbst der schwache fadenförmige Moosstamm (surculus) kann unter günstigen Umständen eine ausserordentlich grosse Längenausdehnung erfahren. Dasselbe gilt auch für das Breitenwachsthum des mit nachwachsenden oder mit übereinander gelegten geschlossenen Gefässbündeln zunehmenden Stammes. Die Grenzen der Verdickung werden durch die Entwicklungsfähigkeit beschränkende Umstände herbeigeführt. Die umfangsreichen Stämme der Taxodien, Dracaenen, Hymenaeen, Bertholetien u. s. w. haben stets nur durch Ungunst äusserer Verhältnisse ein Ziel ihres Wachsthums gefunden.

Ganz von dieser unbegrenzten Ausdehnung des Stammes ist das auf ein verhältnissmässig kleines Mass beschränkte Wachsthum der Anhangstheile verschieden. Kein Anhangsorgan ist mit ungeschlossenen Gefässbündeln versehen. Diese erreichen eine der Art nach entsprechende Längenausdehnung, während das Wachsthum in die Dicke fast Null ist. Werden auch die Blätter mancher Pflanzen länger als ihr Stamm, so streitet das doch nicht gegen das angegebene Gesetz, denn in der Regel bleiben die Blätter dennoch weit hinter der erreichbaren Länge des Stammes zurück.

V. Hauptstück.

Die Lehre von den Systemen.

I. Abschnitt.

Von den Gefässbündelsystemen.

§. 121. Treten in dem Pflanzenindividuum die Zellgruppen einer Art so mit einander in Verbindung, dass sie ein zusammenhängendes Ganzes bilden, so wird dasselbe ein System genannt. Ein System umfasst sämmtliche in einer Pflanze vorkommenden Zellgruppen einer Art und schliesst alle von diesen verschiedenen Zellgruppen aus.

Der Auf- und Ausbau des Pflanzenorganismus aus den Zellelementen geht von der einfachen Aneinanderreihung gleichartiger Elemente bis zur Verbindung complicirter Baubestandtheile eine grosse Stufenverschiedenheit hindurch, die bisher noch nicht ganz richtig aufgefasst und gewürdigt worden ist.

Eine Verbindung gleichartiger Elementartheile nach gewissen Gesetzen gilt als Bauregel nur für die einfachsten Bauobjecte der niedern Pflanzenformen. Auf der höchsten Stufe bilden solche Complexe Verschmelzungen (Fusionen), welche nur in ihren niederen Formen selbstständig auftreten, in den höheren dagegen ausschliesslich für höhere Constructionen verwendet werden. Bei jedem umfassenderen Baue tritt in den Elementartheilen bald eine Verschiedenheit ein. Aehnlichere und verwandtere Formen nähern sich und schliessen andere aus, es entstehen dadurch Gruppirungen und damit eine grössere Mannigfaltigkeit der Theile. Die meisten derselben sind indess dort und dahin ohne nothwendige innige Verbindung gestellt und entsprechen nur ganz speciellen Zwecken. Endlich sam-

meln sich auch die Gruppen einer und derselben Beschaffenheit, vereinigen und verbinden sich gegenseitig zu einem grossen Ganzen, und es entsteht dadurch ein systematischer Zusammenhang durch die ganze Pflanze. Die einzelnen Theile und Regionen der Pflanze bleiben nicht in strenger Abgeschlossenheit von den andern, sondern treten eben durch diese vermittelnde Verbindung in Abhängigkeitsverhältnisse, mit einem Worte, sie bilden ein organisches Ganzes. Nur ein räumlich zusammenhängendes System von Zellgruppen kann diess bewerkstelligen.

§. 122. Es gibt im Pflanzenorganismus nur Ein System, nämlich das Gefässbündelsystem. Alle übrigen Gruppen einerlei Art bleiben vereinzelt, ohne inneren Zusammenhang.

Es kann hier nicht die Frage sein, ob die Spiralgefässe und die Milchsaftgefässe ein zusammenhängendes System von Schläuchen oder Zellen bilden. Verschmelzungen bringen zwar auch ähnliche und gleiche Gebilde mit einander in Verbindung, aber es betrifft diese Verbindung nur dort und da befindliche Elementartheile, ohne Nothwendigkeit sämmtliche gleichartige Elementartheile eines Individuums in ein Ganzes zu vereinigen. Einzelne Spiralgefässe und Milchsaftgefässe, ja selbst ganze Partien derselben, können in der That ohne Zusammenhang mit andern ähnlichen Partien einer Pflanze sein und sind es zuweilen auch.

Dasselbe ist auch bei den meisten Zellgruppen der Fall, welche isolirt in diesen und jenen Theilen der Pflanze erscheinen, obgleich sie ebenfalls zuweilen den Anschein zusammenhängender Gruppirungen tragen, wie z. B. die Milchsaft- und Harzgänge, die Luftcanäle u. s. w. Ganz anders ist diess jedoch bei den Gefässbündeln. Hier treten sämmtliche dahin gehörige Gebilde in ein geschlossenes durch alle Theile der Pflanze sich verbreitendes Ganzes zusammen. Sie und nur sie allein bilden ein System.

§. 123. Die Gefässbündelsysteme sind in den mit denselben versehenen Pflanzen von mannigfaltiger Ausbildung. Sie bedingen die Grundverschiedenheiten des Pflanzenbaues. Die Kenntniss derselben bildet den wesentlichsten Theil der Pflanzenanatomie.

Bei der verschiedenen Zusammensetzung und Entwicklungsfähigkeit der Gefässbündel, bei der verschiedenen Art und Weise der Vertheilung und Verbindung derselben unter einander, lässt sich nichts anders erwarten, als dass die zu einem Systeme vereinigten Gefässbündel auch mannigfaltige, ja sogar wesentlich von einander abweichende Formen bedingen. In diesen Formen und nur darin allein sind die Hauptverschiedenheiten, die der Pflanzenbau im Allgemeinen darbietet, zu suchen, daher ihre Kenntniss nicht blos für den Anatomen, sondern auch für den Morphologen von grösster Wichtigkeit ist. Die äussere Gestaltung, so mannigfaltig sie auch abwechselt, kann in ihren Haupttypen nur auf jener anatomischen Verschiedenheit des Gefässbündelsystems beruhen.

§. 124. Die Gefässbündelsysteme zerfallen zuerst nach der Entwicklungsfähigkeit der sie zusammensetzenden Gefässbündel in drei verschiedene Abtheilungen, je nachdem dieselben 1. entweder nur aus sprossenden Gefässbündeln, oder 2. aus geschlossenen Gefässbündeln, oder 3. aus ungeschlossenen und zwar aus sprossenden und nachwachsenden Gefässbündeln gebildet werden.

Ein System von sprossenden Gefässbündeln bedingt Gewächsformen, welche in ihren Stammtheilen keine Zunahme durch den Umfang erfahren. Alle Pflanzen mit sprossenden Gefässbündeln verlängern sich nur, ohne sich zugleich zu verdicken. Die mit der Ausbildung des Stammes erlangte Dicke bleibt unveränderlich. Eine grosse Mannigfaltigkeit dieses Systems wird durch die Zahl,

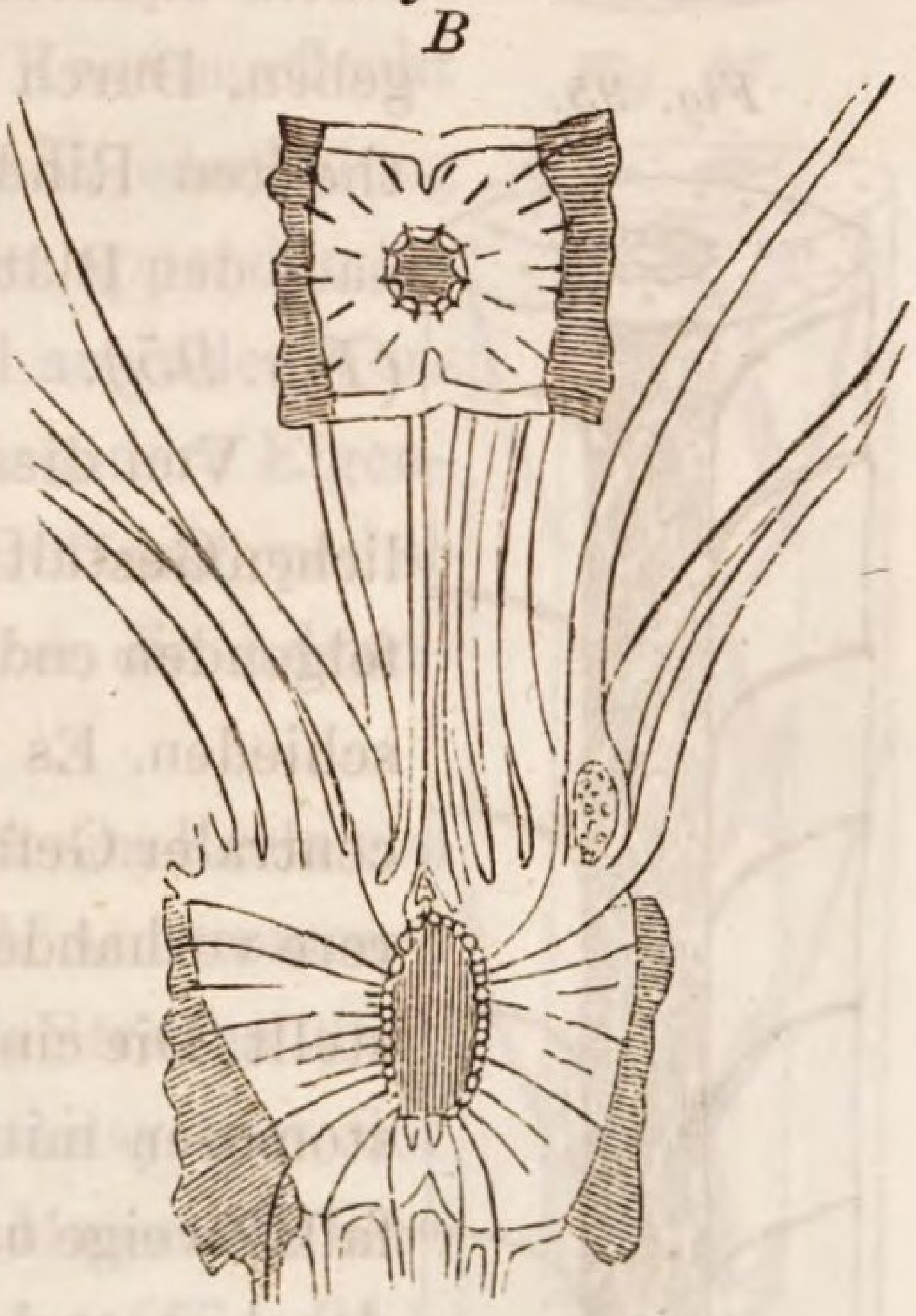
Länge und Verbindungsart der einzelnen Gefässbündel bedingt. Hieher gehören die sogenannten Gefässkryptogamen, die man nach dieser Wachsthumsweise füglich Endsprosser (plantae acrobryae) nennen kann. Das Gefässbündelsystem von geschlossenen Gefässbündeln enthält seiner Anlage nach vollkommen unveränderliche, isolirte, und nur später durch unregelmässige Anastomosen mit einander in Verbindung gesetzte Gefässbündel. Die Zunahme des Stammes sowohl in die Länge als in die Dicke ist nur durch schief von der Spitze nach der Peripherie angelagerte, stets neu gebildete Gefässbündel möglich. Alle Monocotyledonen zeichnen sich durch dieses Gefässbündelsystem aus, und da das Dickewachsthum hier zuerst möglich geworden, so können diese Pflanzen vor allem Umsprosser (plantae amphibryae) genannt werden. Das dritte System aus sprossenden und nachwachsenden Gefässbündeln bestehend, die entwickeltste Form von den dreien, setzt bei dem Höhen- und Breitewachsthum des Stammes kein Entstehen neuer, zur vorhandenen Anzahl hinzukommender Gefässbündel voraus. Die erste Anlage derselben ist hinreichend, um den Stamm seiner vollsten Entwicklung entgegen zu führen. Einfache Anastomosen bringen die geringe Anzahl der Gefässbündel unter sich in Verbindung. Diess ist der Fall bei den Dicotyledonen. Da die Natur der Gefässbündel ein doppeltes Wachsthum des Stammes möglich macht, und die beiden vorhergehenden Wachsthumsweisen gleichsam ereiniget, so kann diesen Gewächsen die Bezeichnung Endumsprosser (plantae acramphibryae) ertheilt werden.

§. 125. Die Gefässbündelsysteme der Endsprosser gehen bei verschiedenen Abtheilungen des Gewächsreiches mehrere Entwicklungsstufen durch, je nachdem an dem Baue des Stammes ein oder mehrere Gefässbündel theilnehmen und im letzteren Falle, je nachdem dieselben in der Achse oder concentrisch um die Achse gestellt und auf mannigfaltige Weise unter einander verbunden sind.

Die einfachste Form bildet ein centrales durch die Achse des Stammes verlaufendes Gefässbündel, von dem keine Zweige nach aussen zu den Anhangsorganen abgehen. Diese letzteren scheinen (bei gewissen vorweltlichen Pflanzen — Ancystrophyllum, Dechenia) noch kaum oder rudimentär entwickelt. Selbst bei den Moosen fehlen eigentliche Blattnerven noch, oder sie sind nur andeutungsweise vorhanden. Ein solches Gefässbündel findet sich unter den jetzt lebenden Pflanzen in den zarten Moosen und Lebermoosen und nur ausnahmsweise bei einigen Najadeen, Ceratophylleen, Podostemeen, Lemnaceen. Die Erstlingszeit der Gewächsbildung scheint indess diese Formen selbst in Gestalt dicker saftreicher Stämme hervorgebracht zu haben. Das Aphyllum paradoxum der Uebergangsformation ist ein solcher saftreicher mit einem ungetheilten centralen Gefässbündel versehener Stamm. Der Gefässbündel ist überdiess hier noch ohne alle Spiroiden, blos aus cylindrischen Zellen zusammengesetzt.

Eine höhere Gestaltung erhält das Gefässbündelsystem der Isoëteen. Ein centraler schon aus Spiroiden bestehender Gefässbündel gibt Zweige, die durch den parenchymatischen Theil des Stammes bogenförmig bis an seine Oberfläche verlaufen und dort in die Anhangsorgane treten *(Fig. 93)*.

Fig. 93.



Häufig wiegen die Blätter vor und der Stamm bleibt verkürzt. — Erfolgt die Ausbildung des centralen Gefässbündels so weit, dass zu den Gefässen noch langgestreckte dünnwandige Zellen (Holzzellen)

Fig. 93. A Längsschnitt. *B* Querschnitt des Stammes von *Isoëtes lacustris.* Nach Mohl. Schwach vergrössert.

Fig. 94.

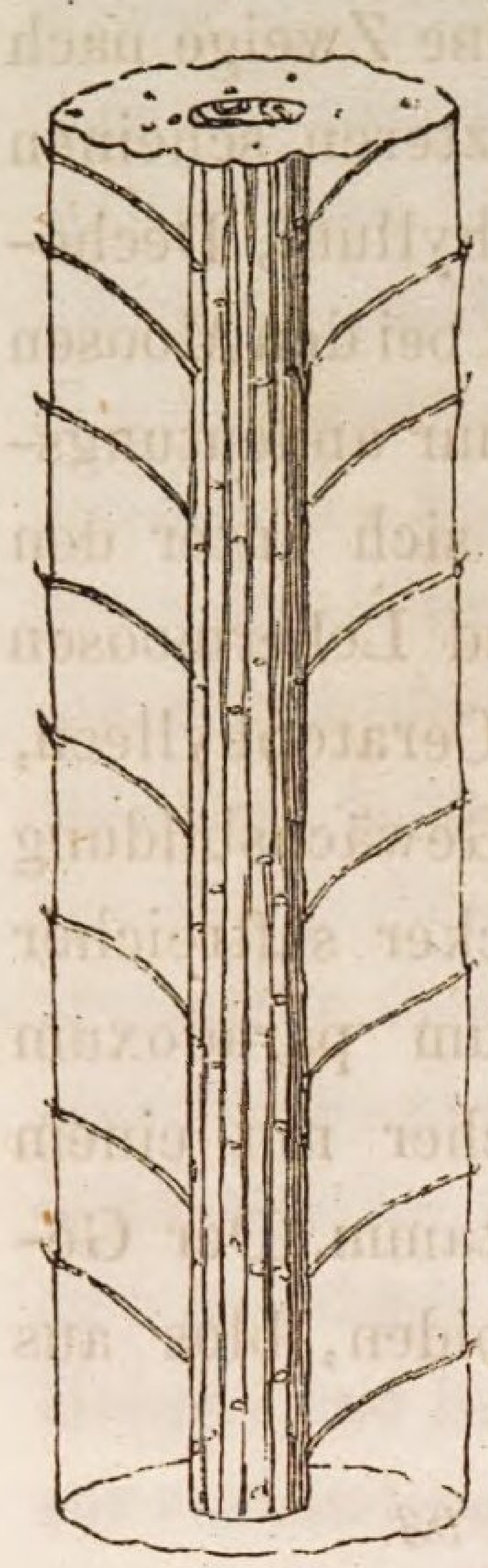
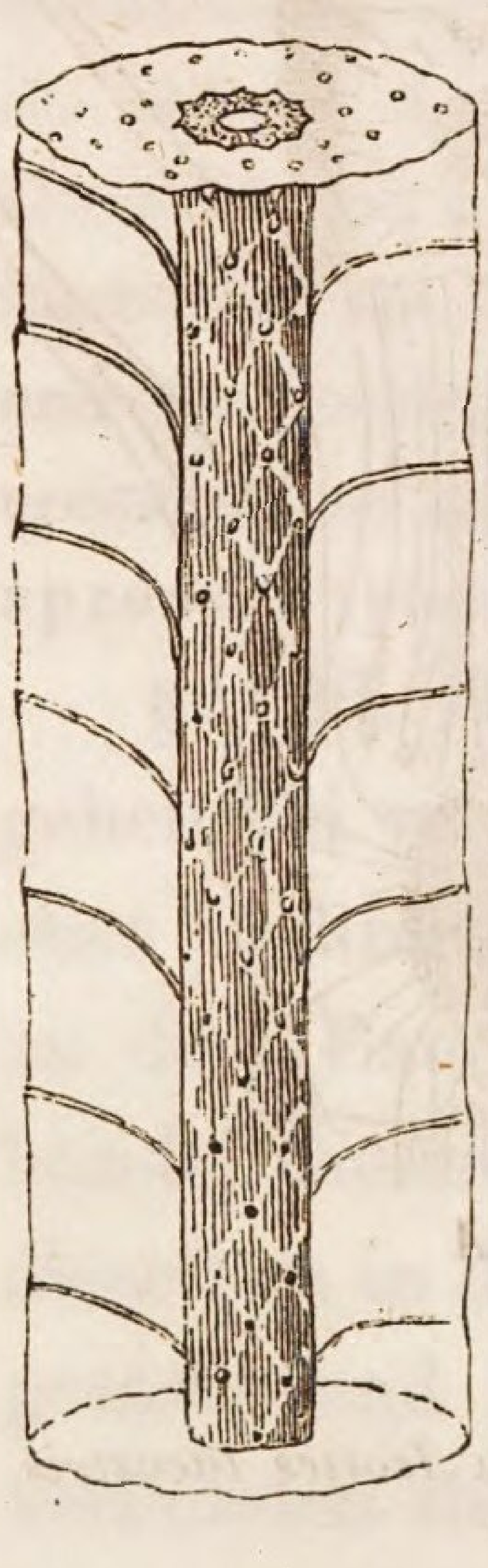


Fig. 95.



hinzukommen, so entsteht daraus das Gefässbündelsystem der Lycopodiaceen *(Fig. 94)*.

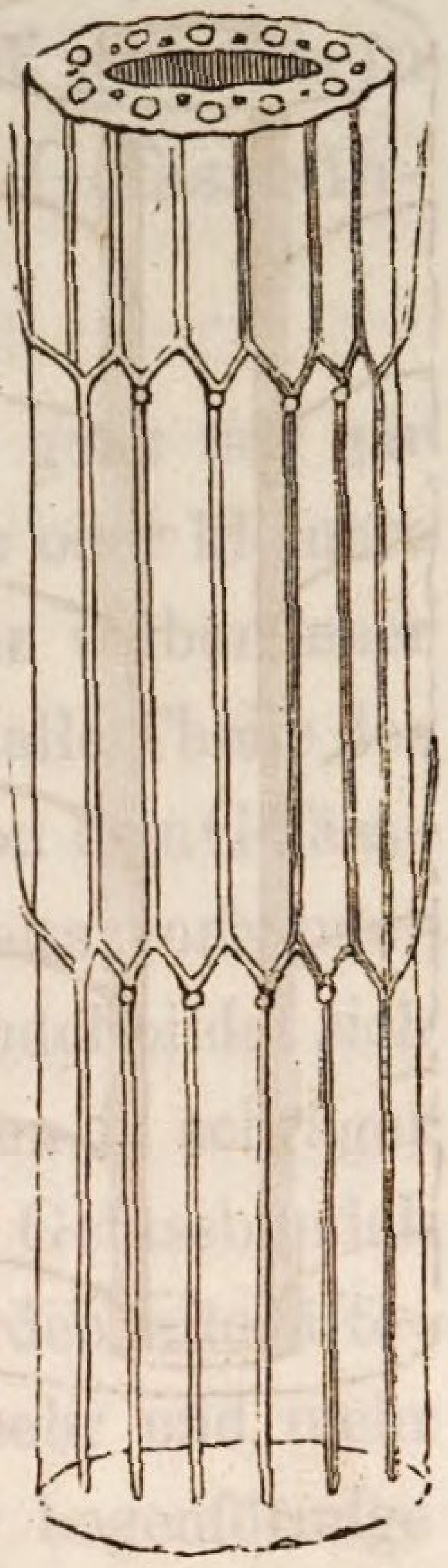
Beide Theile des Gefässbündels sind nicht streng gesondert, jedoch unter einander vertheilt und werden von einem Parenchyme, durch welches sie Zweige nach den Blättern senden, bedeckt. Durch Verschiedenheit der Zellen bilden sich in dem Parenchyme des Stammes drei verschiedene Zonen aus, eine äussere, die Aussenrinde, eine mittlere, die Innenrinde und eine dritte aus dickwandigen gestreckten Zellen bestehend, die Bastzone.

Zunächst an das Gefässbündelsystem der Lycopodiaceen schliesst sich jenes der vorweltlichen Lepidodendreen. Es ist gleichfalls nur Ein centraler Gefässbündel vorhanden mit gesonderten Gefässen und Holzzellen, von denen jedoch erstere in einem ununterbrochenen Kreise die letzteren umgeben. Durch den gleichfalls in mehrere Zonen getheilten Rindenkörper verlaufen bogenförmig die nach den Blättern gerichteten Gefässbündelzweige *(Fig. 95)*.

Von dieser einfachen und wahrhaft ursprünglichen Gestaltung des Gefässbündelsystems sind alle folgenden endsprossenden Pflanzen wesentlich verschieden. Es ist bei diesen nicht mehr ein einziger centraler Gefässbündel, sondern es sind ihrer mehrere vorhanden und dieselben sind in einen Kreis gestellt. Die einzelnen Gefässbündel stets durch Anastomosen mit einander verbunden senden gleichfalls Zweige nach den Blättern ab. Es entstehen dadurch statt den früheren zwei Theilen des Stammes — drei, nämlich der Rindentheil, der Gefäss- oder Holztheil und der von diesen eingeschlossene parenchymatöse Marktheil. Die Verbindung

des Mark- und Rindentheils durch die Maschen des Gefässtheiles werden Markstrahlen genannt.

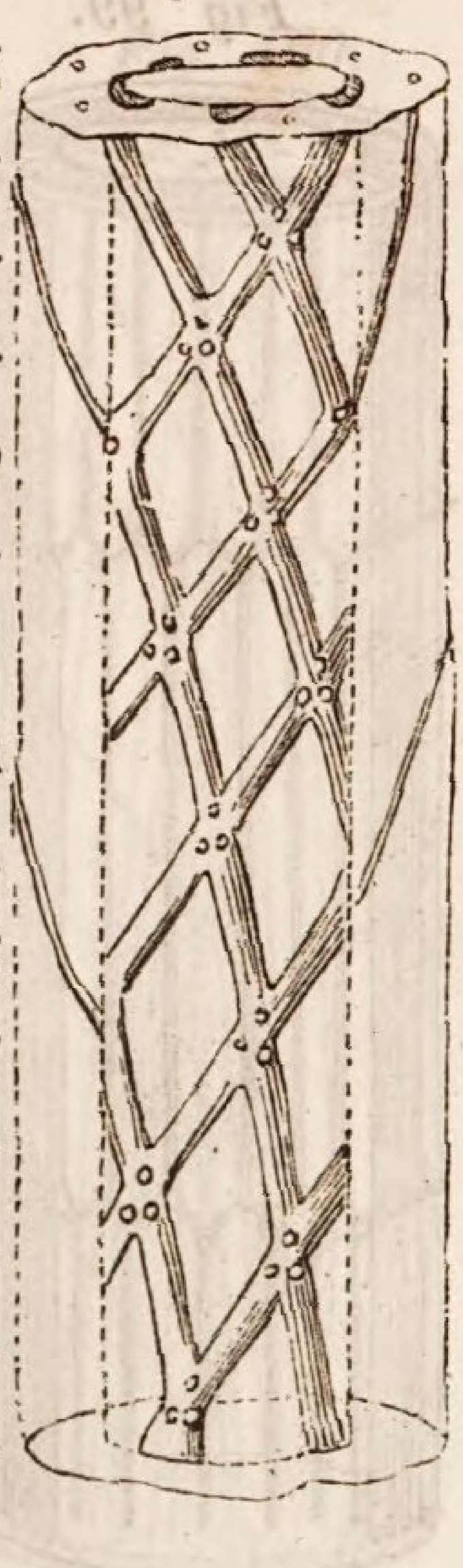
Fig. 96.



Die einfachste Form dieses Gefässbündelsystems bieten die Equisetaceen dar *(Fig. 96)*. Eine grössere oder kleinere Anzahl von zarten Gefässbündeln (bei Equisetum variegatum 7, bei Equisetum palustre 10, bei Equisetum eburneum 31 — 32) stehen im Kreise und sind von Stelle zu Stelle (Glieder) durch einfache Anastomosen mit einander verbunden. Von diesen gehen Zweige zu den Blättern (hier scheidenartige) ab.

Diesen an Einfachheit sehr nahe stehend zeigt sich das Gefässbündelsystem der Farn *(Fig. 97)*, gleichfalls eine grössere oder kleinere Zahl in Kreise gestellter, aus Gefässen und Holzzellen gebildeter Gefässbündel. Die langen den Internodien entsprechenden parallelen Gefässstränge der Equisetaceen fehlen und das Ganze ist auf das Knotengeflecht derselben reducirt. Es müssen daher in Wiederholung des vorhergehenden Typus die zu den appendiculären Theilen abgehenden Gefässbündel aus allen Verbindungsstellen entspringen. Eine besondere Eigenthümlichkeit lässt sowohl aus dem Gefässkörper so wie aus den Gefässbündeln der Blätter die Adventivwurzeln mit Bündeln versorgen.

Fig. 97.



Durch einen viel enger geschlossenen Kreis von Gefässbündeln, in welchen die durch Anastomosen entstandenen Maschen nur als schmale Streifen übrig bleiben, stellt sich das Gefässbündelsystem der Stigmarieen und in noch höherem Masse das Gefässbündelsystem der Sigillarieen dar *(Fig. 98)*. Beide Familien von Pflanzen gehören zu den vorweltlichen und finden sich nicht mehr in der gegenwärtigen Vegetation.

Fig. 98.

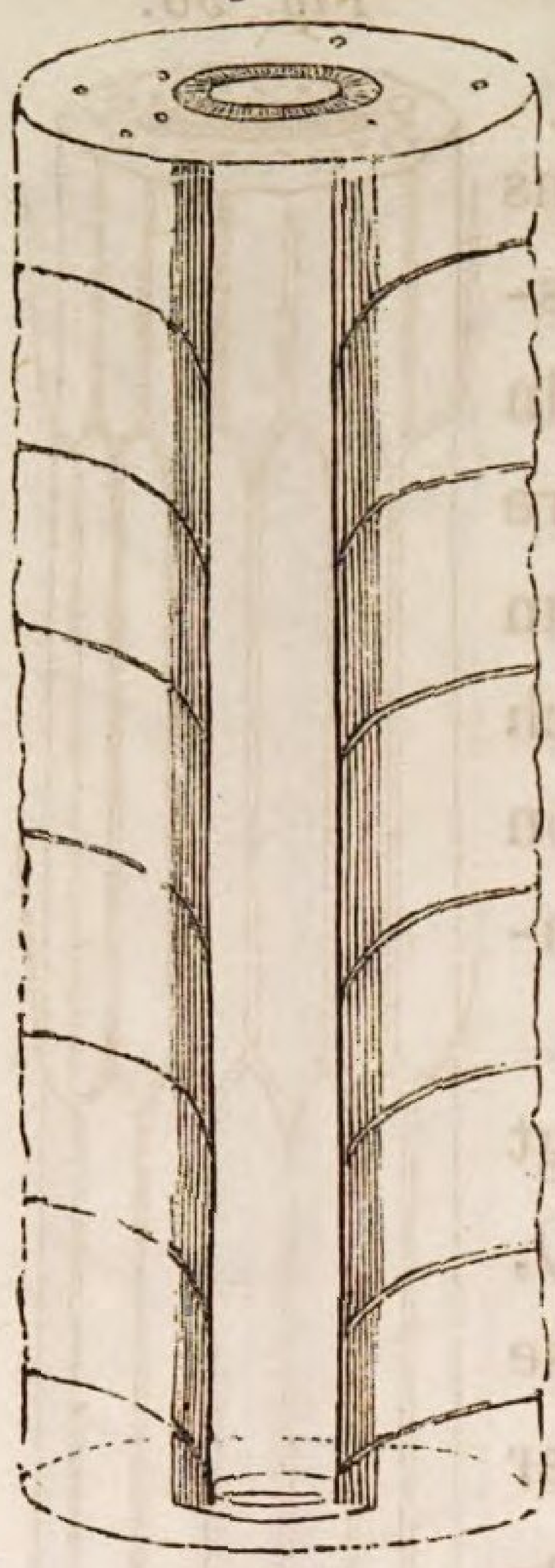
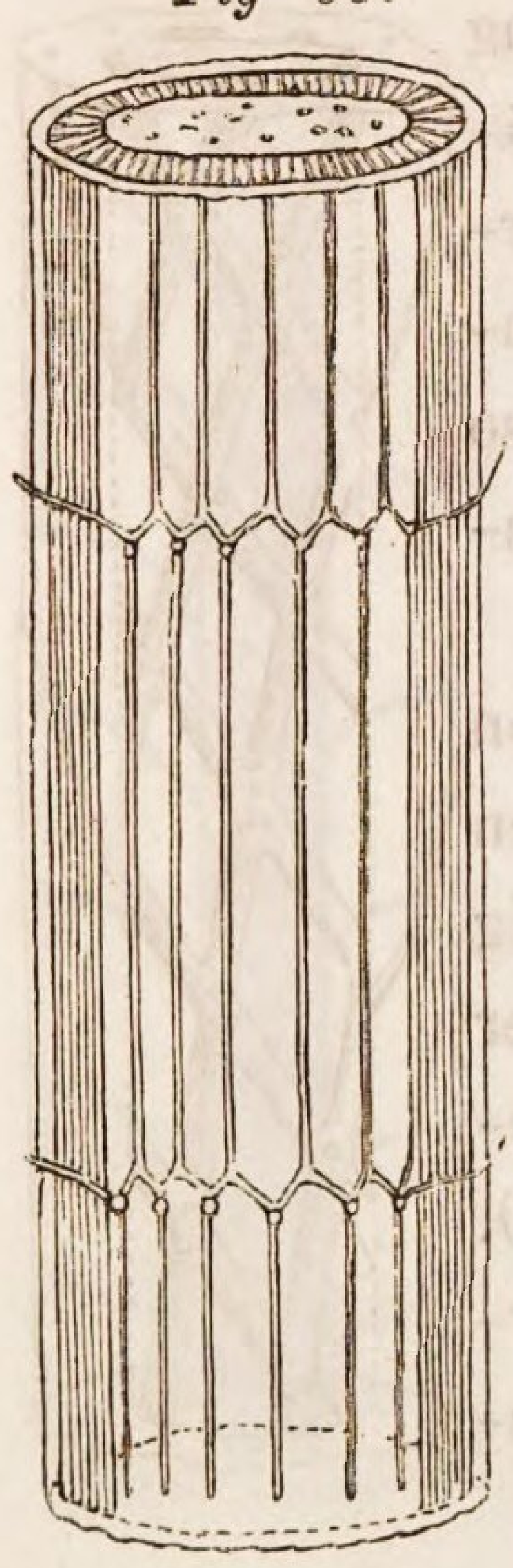


Fig 99.



Die höchste Stufe endlich erreicht das Gefässsystem der Haplocalameen *(Fig. 99)*.

Ein doppeltes, nämlich ein centrales und peripherisches System von Gefässbündeln bildet den gegliederten Stamm. Das innere die Stelle des Markkörpers durchziehende Gefässsystem gleicht ganz dem Gefässbündelsysteme der Equisetaceen und gibt Zweige zu den appendiculären Organen ab. Das äussere bildet eine von häufigen Markstrahlen durchsetzte Gefässbündelzone, jener der Stigmarien und Sigillarien sehr analog.

Auch die Haplocalameen gehören der Vorwelt, und zwar der frühesten organischen Periode an. Ein Näheres werde ich an einem andern Orte mittheilen.

H. v. Mohl, De structura caudicis filicum arbor. in Martius Icones selectae pl. crypt. Brasil. p. 40. 1827. 4.

Ad. Brongniart, Histoire des végétaux fossiles. II. 1838. 4.

Idem, Observations sur la structure du Sigillaria elegans comparée à celle des Lepidodendron et des Stigmaria et de celles des végétaux vivants. Archiv. du Muséum d'hist. nat. 1839.

H. v. Mohl, Ueber den Bau des Stammes von Isoëtes lacustris. Linnaea, 1840. Verm. Schriften p. 122.

W. Hofmeister, Die Entwicklungsgeschichte des Isoëtes lacustris. (Beitr. zur Kenntniss d. Gefässpflanzen.) Abhandl. d. m. phys. C. d. k. sächs. Gesellschaft d. Wiss. 1852. Bd. I. p. 124.

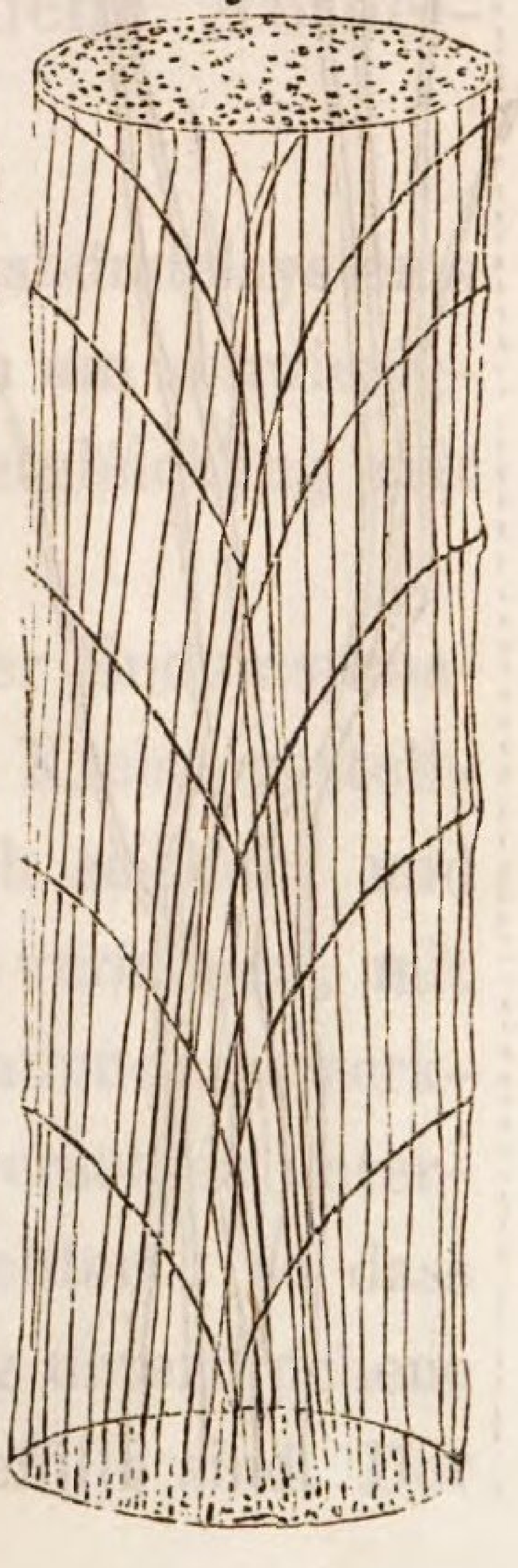
F. Unger, Ein fossiles Farnkraut aus der Ordnung der Osmundaceen, nebst vergleichenden Skizzen über den Bau des Farnstammes. Denkschriften der k. Akad. d. Wiss. Bd. VI. 1853.

§. 126. Weniger mannigfaltig sind die Gefässbündelsysteme der Umsprosser, obgleich die Stammbildung derselben

nicht unbedeutenden Unterschieden unterworfen ist. Die ganze Verschiedenheit derselben beruht auf grösserem oder geringerem Gedrängtsein der einzelnen Gefässbündel und auf der Form der Anastomosen.

Das Gefässbündelsystem der Umsprosser ist ganz und gar von dem der Endsprosser verschieden. Eine grössere oder kleinere Menge theilweise isolirter, theilweise unter einander verbundener geschlossener Gefässbündel verlaufen zerstreut durch alle Theile des Stammes, so dass Mark und Rinde sich nicht leicht von dem Gefässbündeltheile unterscheiden lässt. Jeder zu den bereits vorhandenen Gefässbündeln hinzukommender neuer Gefässbündel bildet sich von der Spitze des Stammes nach unten und aussen in schräger Richtung aus und durchkreuzt alle vorhandenen Gefässbündel. Durch Hinzukommen von neuen Gefässbündeln werden alle älteren Gefässbündel an ihren oberen Enden immer mehr und mehr nach aussen gedrängt, bis dieselben endlich eine bogenförmige Richtung annehmen *(Fig. 100)*.

Fig. 100.



Die obern Enden der Gefässbündel setzen unmittelbar in die Blätter über.

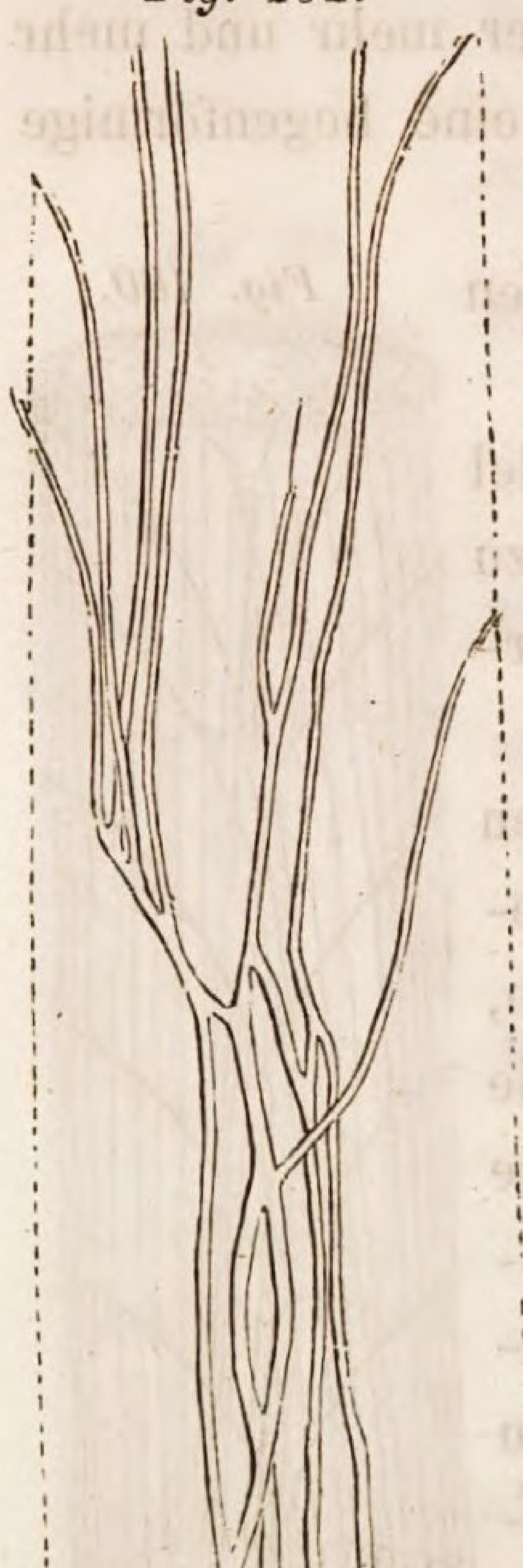
Indess suchen sich die isolirten Gefässbündel häufig durch Verzweigungen unter einander zu verbinden, oder sie rücken an einander und verwachsen zusammen.

Nicht immer nehmen die Gefässbündel den angegebenen normalen Verlauf, sie bleiben entweder im Innern des Stammes zwischen den andern, ohne auf dessen Oberfläche zu gelangen, oder sie nehmen einen blos oberflächlichen Verlauf. Die Beschränkung der unteren Theile der Gefässbündel ausschliesslich auf langgestreckte Zellen (Faserbündel) bringt in vielen Fällen eine Zone von dicht stehenden Bündeln im Umfange des Stammes hervor.

Bei weitem geringeren Unterschieden ist der anatomische Bau der monocotyledonen Stämme unterworfen, obgleich die Knoll- und Zwiebelstöcke, Rhizome, Halme, Caulome u. s. w. äusserlich eine grosse Verschiedenheit zeigen. Die auffallendste Verschiedenheit von der gewöhnlichen Form in der Veränderung der gleichen Distanzen der Gefässbündel bildet der Stamm der Aloineen, in welchen durch das gedrängtere oder minder gedrängte Zusammentreten derselben eine Rinden-, Holz- und Markzone hervortreten.

Der obere, in die Blätter umbiegende Theil der Gefässbündel erscheint durchgehends als eine unmittelbare Fortsetzung des Gefässbündels des Stammes, obgleich derselbe auch hier (um eine Einheit in der Anschauungsweise hervorzubringen) nur als ein Zweig desselben angesehen werden muss, während die eigentliche Fortsetzung desselben nicht zur Entwicklung gelangt.

Fig. 101.



Eine andere, jedoch mehr untergeordnete Verschiedenheit wird durch die Anastomosen der Gefässbündel herbeigeführt. Am einfachsten erscheinen sie z. B. im Stamme der Dioscoreen, Bromeliaceen *(Fig. 101)*, viel verwickelter in den gegliederten Stämmen der Gräser, wo dieselben in den Knoten besonders reich auftreten und sämmtliche Gefässbündel unter einander in Verbindung setzen.

Eine sonderbare Abweichung zeigt der blattlose Stamm (Mittelstock, primäre Achse) von Tamus. Es fehlen die sonst von den Gefässbündeln des Stammes zu den Anhangsorganen abgehenden Zweige, wogegen jene selbst unverkümmert bis an die Spitze des Stammes entwickelt sind. Nur die Sonderung der Gefässbündel, ungeachtet der häufigen Anastomosen mit einander, unterscheidet diess Gefässbündelsystem von jenem der Endumsprosser.

H. v. Mohl, De structura palmarum, in v. Martius Genera et species palmarum.
Idem, Ueber den Bau des Palmenstammes. Verm. Schr. p. 129 (1845).
G. Meneghini, Ricerche sulla struttura del caule nelle piante monocotiledoni. Padova, 1836. Fol.
H. v. Mohl, Untersuchung über den Mittelstock von Tamus elephantipes. Diss. 1836. Verm. Schriften p. 186.
F. Unger, Ueber den Bau und das Wachsthum des Dicotyledonenstammes. Petersburg, 1840. 4.

§. 127. Die grösste Vollendung zeigt das Gefässbündelsystem der endumsprossenden Pflanzen. Die in einem Kreise gestellten sprossenden und zugleich nachwachsenden Gefässbündel des Stammes treten enger zusammen und vereinigen sich durch vielfache Anastomosen zu einem Körper, der nur theilweise von Zellgewebe unterbrochen ist. Mark, Rinde und die sie verbindenden Markstrahlen sind schärfer als bisher geschieden. In den einfacheren Formen findet sich noch eine Trennung der Gefässbündel in verschiedene Abtheilungen.

Obgleich sehr einfach, ist der Bau des Gefässbündelsystems bei den Dicotyledonen und Gymnospermen dennoch am schwierigsten zu verstehen, wenn dasselbe nicht durch Vergleichung mit den früheren Formen erläutert wird.

In der einfachsten Gestalt wird der Stamm der Endumsprosser aus einer meist nicht grossen Menge in einem Kreise gestellter Gefässbündel gebildet, welche, indem sie sich seitlich, und zwar in der Richtung des Radius, zu vergrössern vermögen, mit ihrer Verdickung zugleich eine Verdickung des Stammes bewerkstelligen. Dabei wird die tangentale Verbindung derselben untereinander durch die gedrängte Stellung sehr erleichtert, so dass demnach zwischen denselben nur enge und häufig unterbrochene Räume übrig bleiben, die durch Zellgewebe ausgefüllt sind. Der

Fig. 102.

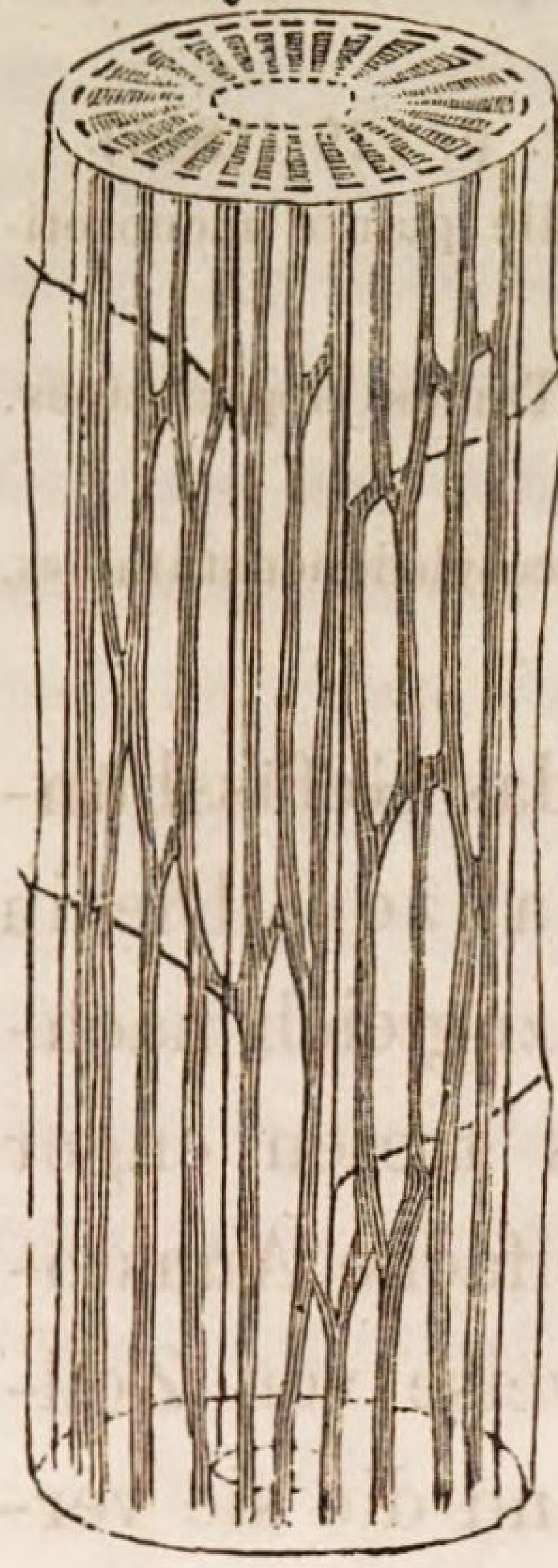
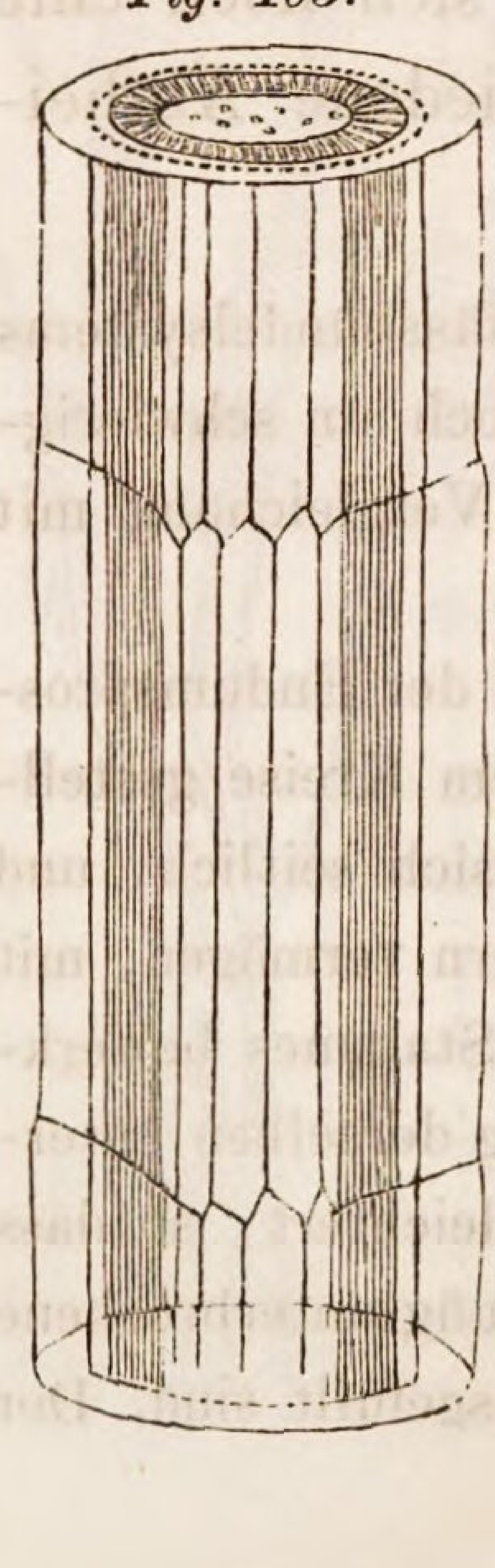


Fig. 103.



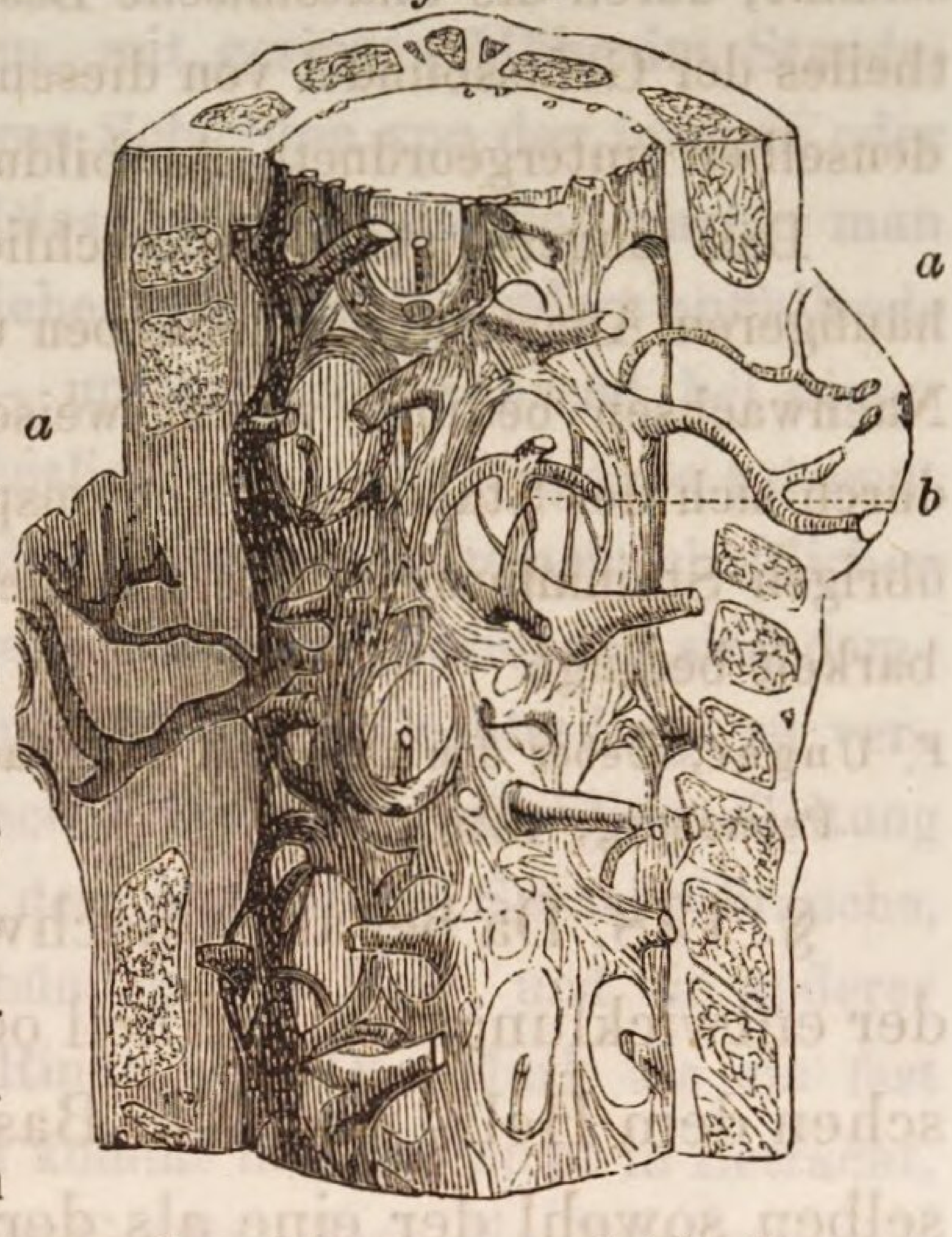
von dem Gefässbündelkreise umgebene Theil, das Mark, wird durch diese kleinern und grössern Zellgewebspartien, den Markstrahlen, mit der alles einhüllenden Zellmasse der Rinde in Verbindung gesetzt. Die zu den appendiculären Organen abgehenden Gefässbündelzweige gehören nur dem innersten aus einfachen Spiralgefässen u. s. w. bestehenden Theile der Gefässbündel an *(Fig. 102)*. — So ist der Stamm der Dicotyledonen in der Regel gebaut.

Von dieser Regel etwas abweichend zeigt sich die Zusammensetzung des Gefässbündelsystems in den Nyctagineen, Piperaceen u. s. w. Die in die Blätter bogenförmig nach aussen abtretenden Gefässbündel entspringen hier aus einem Systeme von sprossenden, aber nicht zugleich nachwachsenden Gefässbündeln; ausser diesem ist aber noch um dasselbe ein im Kreise gestelltes System nachwachsender Gefässbündel vorhanden, welches, wie im andern Falle die Verdickung des Stammes bewerkstelliget. Es hat sich somit hier der innerste Theil der Gefässbündel von dem vorderen Theile losgerissen, und die ganze Gestaltung auf eine frühere Form (ähnlich den Haplocalameen) zurückgeführt *(Fig. 103)*, ja in einigen Fällen (bei Piper blandum etc.) kommt es gar nicht zur Entwicklung des nachwachsenden äusseren Theiles der Gefässbündel, was solchen Stämmen eine grosse Uebereinstimmung mit dem Monocotyledonen- oder noch besser mit dem Equisetaceenstamme gibt.

Als eine eben solche auf einer tieferen Entwicklungsstufe stehen gebliebene Gestaltung muss auch das Gefässbündelsystem der Nym-

phaeaceen angesehen werden. Ein Querschnitt eines mehrjährigen Rhizoms von Nymphaea alba zeigt, dass man auch hier nur den innersten nicht nachwachsenden Theil der Gefässbündel vor sich hat, während der äussere nachwachsende Theil ganz und gar fehlt. Wie ein mühevoll ausgeführtes Präparat *(Fig. 104)* zeigt, sind hier die im Kreise gestellten Gefässbündel durch die mannigfaltigsten Anastomosen unter einander vernetzt, aus welchen dann in gesetzmässiger Ordnung die zu den Blättern und Blüthen so wie zu den Adventivwurzeln abgehenden Gefässbündelzweige ihren Ursprung nehmen.

Fig. 104.



Eine grössere Verschiedenheit liegt in der Beschaffenheit der elementaren Zusammensetzung der Gefässbündel selbst.

Der wichtigste Unterschied in dieser Beziehung besteht darin, dass der mittlere oder der eigentlich nachwachsende Theil aus Zellen und Spiroiden, oder aus ersteren allein gebildet ist. Das Holz ist in letzterem Falle viel gleichmässiger als im ersteren, wie diess das Holz der Coniferen und Cycadeen im Verhältnisse zum Holze der übrigen Dicotyledonen zeigt.

Die Gymnospermen zeichnen sich also, ungeachtet ihr Gefässbündelsystem mit dem der Dicotyledonen im Allgemeinen überein-

Fig. 104. Stück eines Rhizoms von *Nymphaea alba*, von dem an der Vorderseite das Rindenparenchym ohne Verletzung der Gefässbündel entfernt wurde. *aa* Gefässbündel der Blätter, wovon die drei untern Zweige die Adventivwurzeln versorgen. *b* Gefässbündel eines Blüthenstieles. Natürliche Grösse.

stimmt, durch die anatomische Beschaffenheit des äusseren Holztheiles der Gefässbündel von diesen auffallend aus und lassen eine denselben untergeordnete Ausbildung nicht undeutlich erkennen.

Das engere Aneinanderschliessen der Gefässbündel, die häufigeren Anastomosen derselben unter einander und ihr stetiges Nachwachsen bedingt vorzugsweise jene Verschiedenheiten, wodurch sich der Stamm der Endumsprosser so wesentlich von allen übrigen Stammformen unterscheidet und seine grössere Brauchbarkeit bedingt.

F. Unger, Ueber den Bau und das Wachsthum des Dicotyledonenstammes. Petersburg, 1840. 4.

§. 128. Da bei allen nachwachsenden Gefässbündeln der entwicklungsfähige Theil oder der Cambiumtheil zwischen dem Holz- und dem Basttheile liegt und aus demselben sowohl der eine als der andere Theil des Gefässbündels einen Zuwachs erhalten, so muss die Verdickung der endumsprossenden Pflanzen ebenso von innen nach aussen, als umgekehrt von aussen nach innen erfolgen. Da die erstere die letztere stets überwiegt, so wird die Holzbildung des Stammes die Bastbildung in Schatten stellen und den Anschein hervorbringen, als ob der Stamm nur in seinem Holzkörper anwachse.

Durch den Umstand, dass sämmtliche in einem Kreise gestellten Gefässbündel der Endumsprosser sich in der Regel gleichmässig entwickeln, werden die hinzugewachsenen Holz-, so wie die Basttheile, zusammenhängende Lagen oder Zonen bilden, die auf einander folgen, so, dass die älteren stets von den jüngeren bedeckt werden. Die älteren Holzzonen werden nach innen, die älteren Bastzonen werden nach aussen zu liegen kommen, und das Cambium wird eine beide Schichtenreihen trennende ununterbrochene Zone bilden. Da die Elementartheile dieser Zone äusserst zart sind, so ist es natürlich, dass mechanische Gewalt hierin am leich-

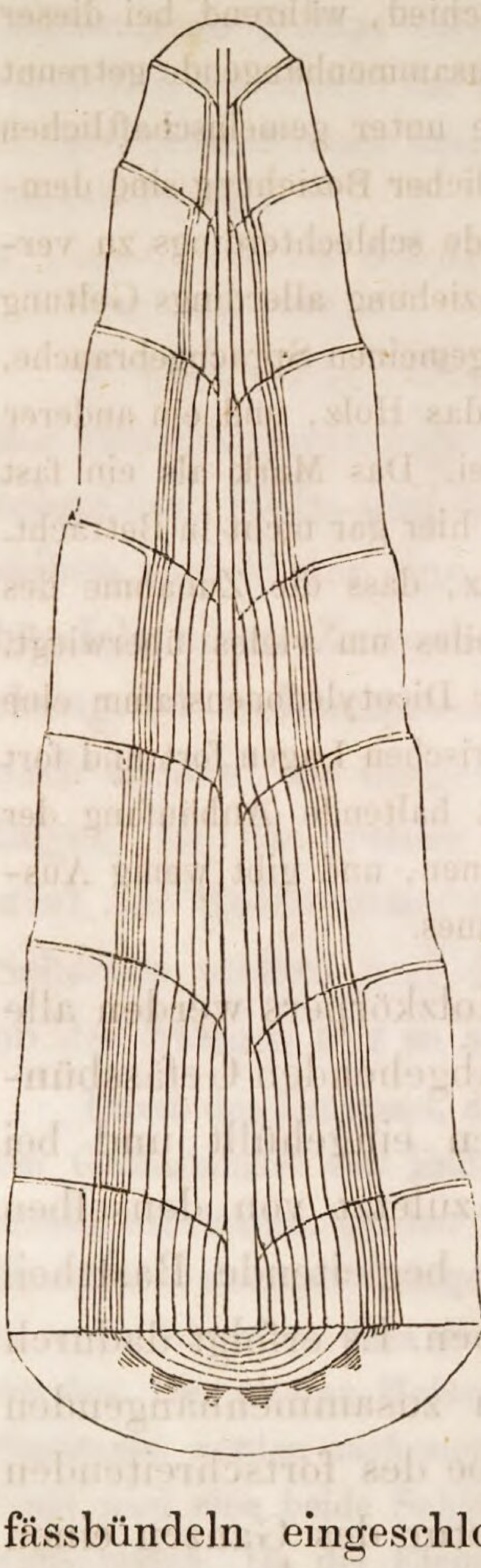
testen Trennungen verursachen kann. Man ist besonders zur Zeit, wenn Neubildungen Statt finden, mit geringer Mühe im Stande, den ganzen Complex der äusseren Schichten von den inneren oder den Holzschichten abzulösen. Diess ist die Ursache, warum man im Dicotyledonenstamme von jeher nur zwei besonders auffallende Theile — Holz und Rinde — unterschied, während bei dieser Unterscheidung gerade das eigentlich zusammenhängende getrennt und das in der Entwicklung differente unter gemeinschaftlichen Namen vereinigt wird. In wissenschaftlicher Beziehung sind demnach die Bezeichnungen Holz und Rinde schlechterdings zu verwerfen, während sie in praktischer Beziehung allerdings Geltung gewinnen. Folgt man demnach dem allgemeinen Sprachgebrauche, so bildet ein Theil des Gefässbündels das Holz, und ein anderer Theil trägt zur Bildung der Rinde bei. Das Mark als ein fast durchaus untergeordneter Theil kömmt hier gar nicht in Betracht.

Es ist ein durchgreifendes Gesetz, dass die Zunahme des Holztheiles die Zunahme des Basttheiles um vieles überwiegt. Während nach längerer Vegetation der Dicotyledonenstamm eine bedeutende Masse von Holz in concentrischen Lagen fort und fort anhäuft, ist die mit derselben Schritt haltende Anhäufung der Bastschichten nur unbedeutend zu nennen, und gibt wenig Ausschlag für die Dickezunahme des Stammes.

§. 129. Im Anwachsen des Holzkörpers werden alle zu den appendiculären Organen abgehenden Gefässbündelzweige von den Holzschichten eingehüllt und bei ihrem begrenzten Wachsthume zuletzt von denselben überdeckt. Ebenso wird der sie begleitende Basttheil fortwährend nach aussen geschoben. Es erfolgt dadurch eine Trennung der ursprünglich zusammenhängenden Gefässbündeltheile nach Massgabe des fortschreitenden Wachsthumes, was auf die Structur des Ganzen einen wesentlichen Einfluss nimmt.

Es ist schwer, diese Verhältnisse, welche einer stetigen Veränderung unterworfen sind, anders deutlich zu machen, als durch ein Diagramm, das die Spitze eines wachsenden Stammtheiles darstellt. Hier treten die Veränderungen durch einen Moment fixirt sehr klar hervor, und man hat nicht nöthig, viele erklärende Worte zu machen (*Fig. 105*). In diesem Bilde wird ersichtlich, wie gewisse, auf dem Querschnitte wohl zu unterscheidende Theile, z. B. die Corona, das Holz, der Splint, das Cambium, der Bast, sich gegen einander in genetischer Beziehung verhalten, und wie alle diese durch die Entwicklung mit einander verbundenen Theile der Gefässbündel vom Mark- und Rindenparenchym eingehüllt werden.

Fig. 105.

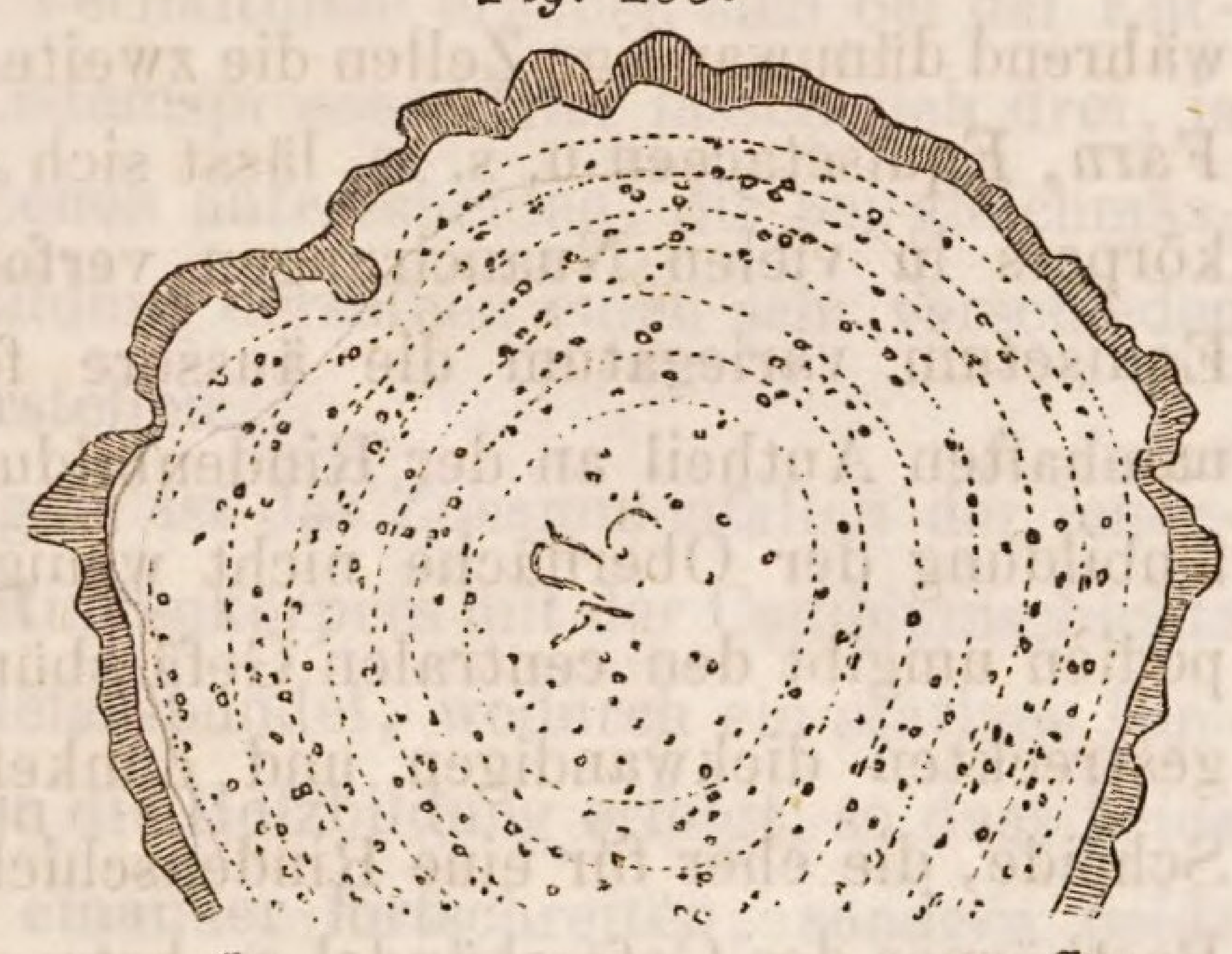


§. 130. Eben so wenig bleiben die parenchymatischen Theile, in welchen die Gefässbündel sich bilden und vergrössern, unverändert. Durch Umwandlung der bereits gebildeten und durch Hinzukommen neuer Zellen treten Gruppirungen ein, welche mancherlei Verschiedenheiten der Structur herbeiführen. Dieselben betreffen jedoch mehr die äussere zellige Hülle als das von den Gefässbündeln eingeschlossene oder zwischen denselben vorhandene Zellgewebe.

Bei der Ausbildung des Stammes aus der ursprünglichen Anlage seiner Elementartheile nehmen die Gefässbündel, ihre Anordnung und ihr Wachsthum zwar den wesentlichsten Antheil an der Structurverschiedenheit, jedoch ist die zellige Hülle, die als Rinde, Mark und Markstrahlen erscheint, von den mancherlei Metamorphosen dabei nicht ausgeschlossen. Ihre Veränderungen, die nur im begrenzten Masse Statt finden, gehen jedoch mehr an den peripherischen Theilen als an den centralen vor sich. Dadurch erfährt der Stamm in seiner Ausbildung eine fort und fort veränderliche Beschaffenheit, die zuweilen nicht weniger in die Augen fällt als die durch das Gefässbündelsystem bewirkten Veränderungen. Durch Umwandlung vorhandener und durch Bildung neuer Elementartheile erfolgen Gruppirungen mannigfaltiger Art, die wir unter dem Namen der ausserwesentlichen Structurveränderungen zusammenfassen wollen.

In wie weit bei der Verdickung des Stammes der Umsprosser auch das dieGefässbündel einschliessende Zellgewebe Antheil nimmt, ist besonders deutlich in dem rhizomatösen Stamme von Tamus polycarpus *(Fig. 106)* zu ersehen, indem dasselbe in concentrischen Kreisen völlig die Jahreslagen der Endumsprosser wiederholt.

Fig. 106.



§. 131. Die Veränderungen des Rindenparenchyms sind bei endsprossenden Stämmen am geringsten, sie

Fig. 106. Querschnitt des Rhizoms von *Tamus polycarpus*. *a a* Korkschichte der Rinde. Vergr. $^3/_1$.

nehmen bei umsprossenden Stämmen an Mannigfaltigkeit zu und erreichen in den endumsprossenden Stämmen die grösste Verschiedenheit. Es erfolgen dieselben einestheils durch die verschiedene Ausbildung der Elementartheile und die schichtenweise Gruppirung der homologen Formen, so wie anderseits durch die an diese Gruppen geknüpfte Productionsfähigkeit. Massenzunahme und Schichtenbildung sind daher allen Rindenkörpern zukommende Eigenthümlichkeiten.

Ohne dass mechanische Einflüsse des Druckes hiebei von Belang sein können, bemerken wir in allen endwüchsigen Stämmen eine verschiedene Ausbildung des Parenchyms, so dass eine Schichte von dickwandigen und etwas in die Länge gezogenen Zellen den äussern unter der Epidermis befindlichen Theil einnimmt, während dünnwandige Zellen die zweite Rindenschichte bilden. Bei Farn, Equisetaceen u. s. w. lässt sich diese Structur des Rindenkörpers in vielen Nuancirungen verfolgen. So nimmt z. B. bei Equisetum variegatum die äussere feste Rindenschichte einen namhaften Antheil an der Rindenbildung, und trägt an der Riefenbildung der Oberfläche nicht wenig bei. Bei mehreren Lycopodien umgibt den centralen Gefässbündel eine eigene, aus langgestreckten dickwandigen und dunkelgefärbten Zellen gebildete Scheide, die eher für eine Rindenschichte (die dritte) als für den Bastkörper der Gefässbündel zu betrachten ist.

Im Stamme des Isoëtes (lacustris) lässt sich eine Schichtung der Rinde ebenfalls erkennen *(Fig. 93)*. Diese ist jedoch hier die Folge einer steten Neubildung derselben, welche unmittelbar um den centralen Gefässbündel gefolgt und die älteren Rindentheile vorwärts schiebt, wo sie nach und nach absterben und aufgelöst werden.

In allen umsprossenden und endumsprossenden Stämmen tritt Neubildung und Schichtung der Elementartheile entschiedener

hervor, wozu noch die Veränderungen kommen, welche durch den zunehmenden Druck von innen nach aussen erfolgen.

Die Neubildung geht bei ersteren ebenfalls von einem Gewebe bildungs- oder productionsfähiger Zellen — einem Cambium — aus, welches in der Regel zwei, in kleinen Distanzen sich deckende Schichten oder Zonen bildet. Die innere Zone erweitert und vergrössert den innern Theil, die äussere Zone den äussern Theil des Rindenkörpers, wodurch demselben nach und nach zwei wohl zu unterscheidende Theile — die Innenrinde (stratum parenchymotosum) und die Aussenrinde (stratum suberosum) — erwachsen. Nicht immer sind beide Theile gleich entwickelt. Während erstere nie fehlt, kömmt die letztere nur in seltenen Fällen zu einer auffallenderen Entwicklung, dessen Product die Korksubstanz darstellt (*Fig. 106 aa* und *45).* Tamus elephantipes, Tamus polycarpus, Dasylirium sp. etc. geben Beispiele.

Noch mannigfaltigere Verhältnisse ergeben sich bei der Entwicklung der Rinde der Endumsprosser. Hier lassen sich drei, ja wenn man will, sogar vier Zonen unterscheiden, die bei gleichmässiger oder einseitiger Ausbildung derselben einen sehr verschieden gebauten Rindenkörper darstellen.

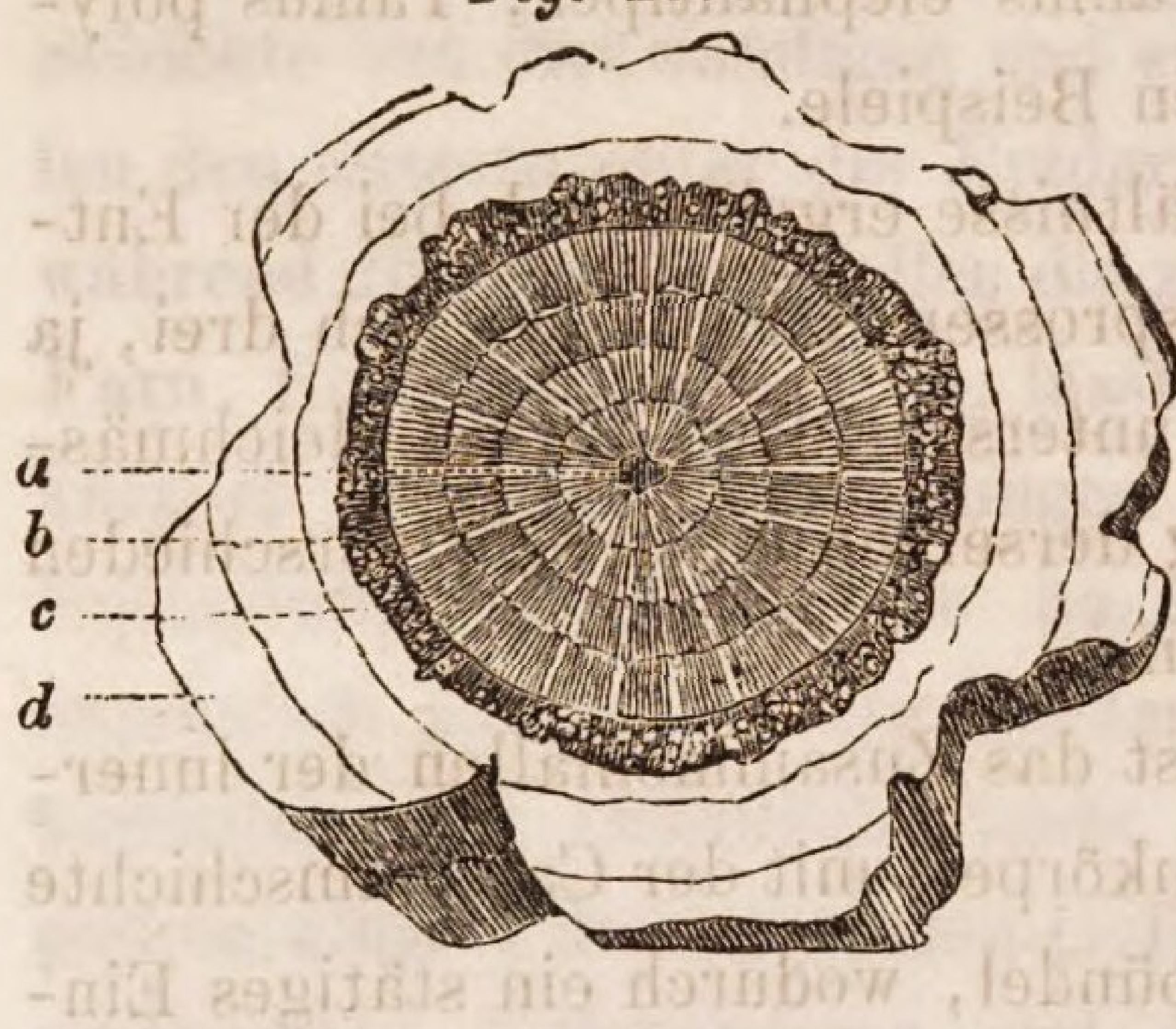
Das erste und wichtigste ist das Zusammenfallen der innersten Cambiumschichte des Rindenkörpers mit der Cambiumschichte der im Kreise gestellten Gefässbündel, wodurch ein stätiges Eingreifen der Rindenbildung in die Holzbildung erfolgt, so dass beide nicht nur pari passu mit einander fortschreiten, sondern beide wechselseitig Bildungen des andern übernehmen. Hieraus erfolgt einerseits die Entstehung von Markstrahlen (kleine Markstrahlen) im Gefässbündel, und anderseits die Bildung von dickwandigen Holzzellen im Rindenkörper, wodurch die innigste Verschmelzung beider bewerkstelligt wird.

Die radiäre Verlängerung der die einzelnen Gefässbündel trennenden (grossen) Markstrahlen ist jedoch das wesentlichste Erzeugniss der innersten Cambiumschichte, und da diess zwischen den äusseren Theilen der nachwachsenden Gefässbündel erfolgt, so

können dieselben in diesem Betrachte in die Metamorphosen des Rindenkörpers hineingezogen werden, und bilden dann sammt jenen die Bastschichte (stratum fibrosum). Das zweite bei weitem nicht so deutlich erkennbare Bildungsgewebe fällt ausserhalb der Gefässbündelzone und bildet und erhält zellige Hüllen oder die Innenrinde (stratum parenchymatosum).

Das dritte scharf unterscheidbare Bildungsgewebe liegt an der Aussenseite der zelligen Hülle und erzeugt die Korkschichte (stratum suberosum), die bei den Endumsprossern viel häufiger, obwohl nicht immer gleich ausgebildet erscheint. Auf das Minimum reducirt, erscheint sie als eine aus dickwandigen tafelförmigen diametral an einander gereihten Zellen gebildete schmale Schichte d. i. als Rindenhaut (periderma), bei grösserer Entwicklungsfähigkeit entstehen noch zwischen den einzelnen Lagen dünnwandige Parenchymzellen, so dass dieselben durch die dickwandigen Zellen in mehr oder minder zahlreiche Schichten getheilt werden. Bei der Korkeiche, dem Feldahorn, der Korkulme u. s. w. tritt der letztere Fall ein (*Fig. 107*).

Fig. 107.



Die Entwicklung aller dieser Rindenschichten ist durch das Wachsthum des Holzes bedingt und da dasselbe eine Erweiterung der zelligen Hülle nothwendig bedingt, so hat die Neubildung nicht blos ein Uebereinander-, sondern auch ein Nebeneinanderlegen der Zellen zu bewerkstelligen. Wo das letztere nicht in dem Masse Statt findet, als die Dicke zunimmt, muss eine Trennung

Fig. 107. Querschnitt eines Astes der Korkeiche in natürlicher Grösse. *a* Mark. *b* Vier Jahreslagen des Holzkörpers. *c* Innenrinde (stratum parenchymatosum), zum Theil aus dickwandigen Zellen. *d* Vier Lagen der Korkschichte (stratum suberosum).

des Zusammenhanges erfolgen, und zwar so weit nach innen, bis das Gleichgewicht zwischen seitlicher Anbildung und Vergrösserung des Holzkörpers hergestellt ist. Hiedurch entstehen in den meisten Fällen rissige Rinden und es scheint, dass erst in Folge äusserer Einwirkung auf das von der Epidermis und den darunter befindlichen Zellschichten blossgelegte Zellgewebe die Bildungsthätigkeit der Zellen aller Schichten in Anspruch genommen wird, um rindenhautartige schützende Lagen auch tiefer zu erzeugen, was zur Bildung der Borke Veranlassung gibt.

H. v. Mohl, Untersuchungen über die Entwicklung des Korkes und der Borke auf der Rinde der baumartigen Dicotylen. Dissert. 1836. Verm. Schriften p. 212.

J. Hanstein, Untersuchungen über den Bau und die Entwicklung der Baumrinde. 1853. 8.

§. 132. Von der aufsteigenden Achse ist die absteigende in ihrem Baue nicht wesentlich verschieden. In den end- und umsprossenden Pflanzen stirbt sie bald nach ihrer ersten Entwicklung ab, in den endumsprossenden Pflanzen hingegen setzt sie das Gefässbündelsystem des Stammes in allen seinen Eigenthümlichkeiten nach abwärts fort. Nur rücken die Gefässbündel näher zusammen und es verschwindet der Markkörper. Ihre Zweige werden durch Spaltungen des Gefässbündels in einzelne Theile bewerkstelligt. Die Adventivwurzeln sind mit ihrem gesonderten Gefässbündelsystem in das Gefässbündelsystem des Stammes eingeschoben und mit diesem verwachsen.

Einer grossen Menge stammbildender Pflanzen geht die absteigende Achse ab. Bald nach der Entwicklung stirbt in der ersten Wurzel dieselbe, und häufig schon früher sind an deren Stelle eine oder mehrere Adventivwurzeln aus dem Stamme getreten. Bei den Endsprossern, wo mit der absteigenden auch die aufsteigende

Achse fortwährend von unten nach aufwärts abstirbt, lässt sich eine Fortsetzung des Gefässbündelsystems nach abwärts kaum in der ersten Jugend erkennen. Die mehr oder minder zahlreichen Adventivwurzeln nehmen ihren Ursprung entweder unmittelbar aus dem Gefässbündelsystem des Stammes oder mittelbar aus jenem durch die appendiculären Organe. Die Gefässbündel entstehen im jungen Parenchyme derselben selbstständig und setzen sich dann mit jenem des Stammes in Verbindung. Dasselbe ist der Fall auch bei den Umsprossern. Wo der Stamm nach dem Absterben der Wurzel nicht auch nach und nach von unten nach aufwärts zu Grunde geht, treten die Enden der Gefässbündel durch Anastomosen unter sich in Verbindung und die Gefässbündel der Adventivwurzeln vereinigen sich mit ihrem Gefässnetze. Bei den Dycotyledonen setzt sich das Gefässbündelsystem des Stammes mit allen seinen Eigenthümlichkeiten in die absteigende Achse fort, nur rücken die einzelnen Gefässbündel stets näher an einander und zugleich näher zum Mittelpuncte, wodurch das Parenchym des Markkörpers ganz und gar verschwindet. Die Wurzelzweige sind nicht wie die Adventivwurzeln mit einem gesonderten Gefässbündelsystem versehen, sondern nur als Zertheilungen und Zerfaserungen der Gefässbündel der Achse zu betrachten.

§. 133. Alle secundären aus der primären Achse hervorgegangenen Achsen besitzen ihr eigenes Gefässbündelsystem, welches sich schon in der Knospe entwickelt und sich später mit dem Gefässbündelsysteme der primären Achse verbindet. Die Ausbildung der secundären Achsen hat auf die primäre Achse keinen Einfluss, wohl aber umgekehrt die Ausbildung der primären auf die secundären.

Die ganze Ausbildung der Lehre, dass das Wachsthum des Stammes von dem Wachsthume der Knospen abhängig und durch diese bedingt sei, entbehrt einer genauen anatomischen Begrün-

dung. Ueberall, besonders aber in den end- und in den umsprossenden Stämmen, lässt sich leicht verfolgen, wie die Anlage der Knospe sowohl als dessen Gefässbündelsystem unabhängig vom Gefässbündelsysteme des Stammes seinen Anfang nimmt. Erst später tritt eine innige Vereinigung derselben ein, so dass was im Stamme vorgeht, sich auch auf die Aeste fortsetzt. In manchen Stammformen lässt sich die Sonderung der Gefässbündel der Aeste auch noch für eine spätere Entwicklungsperiode deutlich nachweisen.

§. 134. Das Gefässbündelsystem der appendiculären Organe ist stets aus geschlossenen nach ihrer Entwicklung keiner Vergrösserung fähigen Gefässbündeln zusammengesetzt. Ihre Vertheilung und Verbindung unter einander, so wie die elementare Zusammensetzung bilden die Hauptunterschiede in den verschiedenen Pflanzen und in den verschiedenen Organen einer und derselben Pflanze.

Am einfachsten bleibt das Gefässbündelsystem der appendiculären Organe in den Niederblättern und in den Hochblättern, am entwickeltsten erscheint es in den Laubblättern. Je umfangsreicher die Basis eines Anhangsorganes ist, desto mehr Gefässbündel treten vom Stamme in denselben ein, daher alle Blätter mit ausgebildeten Scheidentheilen am reichlichsten mit Gefässbündeln versorgt werden.

Die vom Stamme in die Blätter eintretenden Gefässbündel bleiben gesondert, oder vereinigen sich durch Anastomosen mit einander, oder sie verschmelzen zu einer kleinen Anzahl von Bündeln. Im Blattstiel erfolgt häufig eine solche Verschmelzung. Ist die Blattscheibe vollkommen entwickelt, so tritt nicht nur eine Sonderung der vereinigten Gefässbündel, sondern eine Verzweigung durch Zerspaltung ein. Es entstehen dadurch Haupt- und

Nebenzweige, und bei weiterer Zertheilung noch Verzweigungen in einer grossen Anzahl von niederen Graden. Die Endtheile der Verzweigungen laufen frei aus oder vereinigen sich mit den Endtheilen anderer zu Maschen. Die Zahl, Grösse, Configuration, Anordnung derselben u. s. w., so wie ihre Entwicklung aus den grösseren Zweigen und Stämmen bildet die grösste Mannigfaltigkeit, die bis jetzt nur den Hauptumrissen nach auf Gesetze zurückgeführt ist.

In der Regel ist das ganze Gefässbündelsystem des Blattes, oder wenigstens der Scheiden- und der Scheibentheil desselben in eine Fläche ausgebreitet. Die Theile des Gefässbündelsystems der Blätter sind daher vorzugsweise neben einander, seltner über einander gelagert. Es kann sich daher weder ein Rinden- noch ein Marktheil ausbilden, und das sie begleitende Parenchym füllt nur die Räume zwischen denselben aus und umgibt sie in einer meist geringen Ausdehnung oben und unten.

Häufig treten die Hauptstämme, zuweilen auch die Nebenzweige der Gefässbündel durch die Masse ihrer elementaren Zusammensetzung über die Fläche des bedeckenden Parenchyms hervor und bilden die Nervatur des Blattes. Ihr Studium hat sich die Morphologie eigen gemacht. Zur wissenschaftlichen Begründung fehlt noch viel.

Zweiter Theil.

Physiologie der Pflanzen.

I. Hauptstück.

Die Pflanze als lebender Organismus.

§. 135. Die Pflanzenphysiologie ist jener Theil der Botanik, der sich mit dem Studium der Thätigkeitserscheinungen der lebenden Pflanzen beschäftigt, d. i. dieselben in ihrer Gesetzmässigkeit zu erkennen und sie auf ihre Ursachen zurückzuführen sucht.

Es ist die Lehre von der Wirksamkeit des Pflanzenorganismus oder von den Lebenserscheinungen der Pflanzen die dunkelste der ganzen Botanik, nicht weil dieselben an und für sich unzugänglich wären, sondern weil es bisher an einer sicheren Methode gefehlt hat, sie in ihren Einzelnheiten aufzufassen, ihre gegenseitigen Beziehungen kennen zu lernen, und sie so ihren Ursachen näher zu rücken. Was die Anwendung von Mass und Gewicht zur Erklärung der Erscheinungen in der anorganischen Natur geleistet hat, wird sie über kurz oder lang auch für die Erkenntniss von Wirkungen leisten, deren unbekannte Ursachen man einstweilen mit dem Collectivnamen Lebenskraft zusammenfasst.

§. 136. Die Pflanze steht im Zusammenhange mit der gesammten Natur, ihre Existenz beruht auf derselben, sie besitzt kein Atom, welches sie nicht von aussen empfangen hätte. Es können daher auch ihre Kräfte, wodurch sie wirksam wird, keine besonderen Kräfte, sondern nur solche sein, welche sie mit den Stoffen empfangen, oder die sie bei ihrer Aufnahme in jenen geweckt hat.

Es ist nur eine gewisse Anzahl von Grundstoffen oder Elementen, welche die Bestandtheile des Erdkörpers ausmachen. Die bei weitem geringere Zahl derselben nimmt an der Zusammensetzung der Pflanzen Antheil. Keines dieser Elemente können wir frei von Kräften denken, denn gerade nicht das Materielle, sondern das, was die Materie beherrscht, macht ihre Unterschiede aus.

Es gilt nun einerlei, ob den verschiedenen Elementen ein Stoff zum Grunde liegt, oder ob ihre Unterschiede ursprünglich sind; jedenfalls inhäriren gewissen Formen nur bestimmte Kräfte, die sich ändern, so wie jene anders werden. Von den Kräften, welche die einfachen Stoffe als solche und in ihren verschiedenen Verbindungen eben durch diese erhalten, kennen wir nur einen kleinen Theil. Welche verschiedenen Eigenschaften erlangt nicht z. B. der Kohlenstoff in seinen Verbindungen mit anderen Körpern, und doch ist es immer derselbe Kohlenstoff, welcher bald unter dieser, bald unter jener Eigenschaft auftritt.

Die Kraft, die jedem Stoffe eigen ist, und durch die er eben auf andere Stoffe zu wirken im Stande ist, wird Affinitätskraft oder chemische Kraft genannt, und da sie sich selbst in den kleinsten Theilen offenbart, Molekularkraft. Die Eigenschaften der verschiedenen Körper sind nur Modificationen dieser Kräfte.

Es frägt sich nun, sind wir zur Annahme einer eigenen, von den Molekularkräften verschiedenen Kraft berechtigt, wenn wir eine Verbindung von Elementen entstehen sehen, welche, obgleich den Gesetzen der Wirksamkeit jener Kräfte gemäss gebildet, nach den Umständen, in welchen dieselben gewöhnlich auf einander einwirken können, niemals hervorgehen. Ist der Zucker, das Amylum, weil wir sie bisher nur als ein Product des Pflanzenorganismus kennen, desshalb von andern als von chemischen Kräften hervorgebracht? Lässt sich bei der Annahme einer eigenthümlichen Lebenskraft die Wirkung fremder (chemischer) Kräfte, welche die Stoffe, ehe sie Theile des Organismus werden, auf diese nothwendig ausüben müssen, nach den bekannten physischen Gesetzen erklären? Alles dieses führt uns zu dem Schlusse, dass die An-

nahme einer eigenen, von jenen durchaus verschiedenen Lebenskraft mit der Wirkungsweise der bereits bekannten Kräfte unverträglich ist.

Indess ist nicht zu läugnen, dass in dem Zusammenwirken der bekannten chemischen und physikalischen Kräfte Substrate neuer Kräfte entstehen, deren Wirkungsweise uns noch völlig verborgen sind, die aber recht wohl nach ganz andern Gesetzen vor sich gehen können, als die Kraftäusserungen der einfachen chemischen und physikalischen Kräfte. Will man diese Art Dynamismus Lebenskraft nennen, so ist seine Verwandtschaft mit jenen wenigstens in die Augen springend. Ueberdiess kann man nicht umhin, die Zweck- und Planmässigkeit, ja eine Art von Selbstbestimmung, die sich wie ein leuchtender Faden durch alle Erscheinungen der organischen Welt hindurchzieht, von der Wirkungsweise der Molekularkräfte loszusagen, und einen tieferen Grund für sie anzuerkennen. Wie jedoch ein von jener Nothwendigkeit freier Grund der Wirksamkeit mit diesen verbunden gedacht werden muss, fällt der metaphysischen Forschung anheim.

§. 137. Unter Lebenskraft der Pflanze im physikalischen Sinne verstehen wir somit jenen Complex der uns bisher noch unbekannten, aus den Modificationen der Molekularkräfte hervorgehenden Ursachen, welche die Entstehung, Erhaltung und Fortpflanzung derselben als Einzelwesen bedingen.

Wie die einfachen Stoffe das Gepräge der organischen Verbindungen erlangen, unter welchen Bedingungen aus den Elementen des Wassers, der Kohlensäure, des Ammoniaks u. s. w. Stärke, Gummi, Zellstoff in einer bestimmten Form entsteht, wird uns noch lange unbekannt bleiben, obgleich wir anerkennen müssen, dass der Vorgang auf bereits bekannten Gesetzen beruhen muss, und nur in den Umständen, unter welchen die Elemente auf Körper mit gewissen chemischen Spannungen treffen, liegen kann.

Bei concreten Pflanzen sind es einzelne Theile, welche diesen Umwandlungsprozess unterhalten, und diese sind wieder durch andere dazu befähigt worden. Um der Sache auf den Grund zu schauen, müsste man die selbstständige, nicht durch bereits bestehende Organismen eingeleitete Umwandlung der einfachen Stoffe in organische Materien zu verfolgen suchen, wozu wir aber, wie es scheint, die Umstände nicht nach Belieben herbeizuschaffen im Stande sind.

Man hat gesagt, die chemischen Kräfte seien der Lebenskraft entgegengesetzt. Diess bezieht sich keineswegs auf ihre Natur, sondern blos auf ihre Wirksamkeit, die bei ersteren vorzugsweise analytisch, d. i. zerstörend, bei letzteren dagegen mehr synthetisch, d. i. bildend, ist. In dieser Rücksicht führt die Lebenskraft allerdings das von den chemischen Kräften niedergerissene Gebäude wieder auf, und tritt mit ihr in einen fortdauernden Gegensatz, der bald zu Gunsten der einen, im Bildungs- oder Organisationsprozesse, oder der andern, im Tode, im Auflösungsprozesse, ausschlägt.

Auf der andern Seite kann man eben so wenig behaupten, dass chemische und vegetative Kraft identisch sind, da wir, wenn gleich die Materie der belebten und der leblosen Natur ganz und gar denselben Gesetzen unterworfen ist, die Modificationen keineswegs kennen, welche ihre Wirksamkeit in gewissen Verbindungen annehmen kann.

Es ist durch die Erfahrung ermittelt, dass gewisse einfache Stoffe einen bei weitem grösseren Umfang der Affinitätskräfte haben; als andere, und dass gerade jene, denen wir ein beinahe unbegrenztes Mass zuschreiben müssen, wie dem Sauerstoffe, dem Wasserstoffe, dem Kohlenstoffe und Stickstoffe, der grösseren Masse nach an der Bildung des Pflanzenkörpers Theil nehmen, und daher vorzugsweise organische Stoffe genannt werden können. Allein dieses Vermögen, sich auf die mannigfaltigste Weise zu vereinigen, empfangen sie nicht erst als Theile des Pflanzenkörpers, sondern sie besitzen es schon als Grundstoffe.

§. 138. Die Thätigkeitserscheinungen der Pflanzen gehen nicht von einer organischen Materie überhaupt sondern von einer unter bestimmten Gesetzen gebildeten und vertheilten, d. i. organisirten Materie aus. Die Grundform dieser organischen Materie ist die Zelle.

Die Erfahrung hat bisher noch keine organische Materie kennen gelehrt, die nicht an eine bestimmte Form gebunden gewesen wäre. Eine allgemeine vegetabilische Materie, als Grundsubstanz aller Pflanzenbildung, lässt sich wohl denken, eine solche ist aber bisher gesondert und ohne Theil einer concreten Pflanze zu sein, noch nicht gefunden worden. Die einfachste Form, in welcher die vegetabilische Substanz in die Erscheinung tritt, ist das Elementarorgan, die Zelle.

Wenn wir je eine Einsicht in die Gesetzmässigkeit der Lebenserscheinungen des Pflanzenorganismus erlangen wollen, so müssen unsere Untersuchungen bei dem Einfachsten anfangen und zu dem Complicirten fortschreiten. In der Zelle ist die Wirksamkeit der Pflanze am einfachsten dargestellt. Complexe von Zellen bieten schon Modificationen der Grundthätigkeiten dar, die immer zahlreicher und verwickelter werden, je weiter man von der einfachen Pflanze zu der zusammengesetzten aufsteigt.

In der Beschaffenheit der Zelle, in ihrer Form und Lebensgeschichte ist aber auch ihr Unterschied vom Krystalle einerseits und vom Thiere anderseits zu suchen. Ob übrigens scharfe Unterschiede zwischen denselben bestehen, möchte nach dem, was wir jetzt wissen, kaum zu vertheidigen sein.

Einen wesentlichen Unterschied zwischen Pflanze und Thier gibt es nicht. Wenn je ein Unterschied Statt findet, so ist es nur ein gradueller. Die Pflanze ist ein von anorganischer Nahrung lebendes Thier, und dieser Umstand sowie die hiebei nothwendig werdenden Verhältnisse allein sind es, die ihre Wesenheit bedingen. Als solches bedarf es bei der allgemeinen Verbreitung derselben (Wasser, Kohlensäure und Ammoniak) keiner Bewegungs-

organe, noch weniger der Organe der Empfindung. In der Bewegungslosigkeit und in der Aufnahme anorganischer Nahrung lässt sich also das ganze Bild des pflanzlichen Organismus zusammenfassen. (Auch die parasitischen Pflanzen nehmen eigentlich nur anorganische Nahrung zu sich.)

Das Thier hingegen ist ein von organischen Verbindungen lebendes Wesen. Da dieselben nicht allgemein verbreitet sind, so muss es dasselbe suchen; es bedarf hiezu nothwendig Bewegungsorgane und Organe der Empfindung. Kein Thier ernährt sich ausschliesslich von anorganischen Substanzen. Die Aufnahme und Verflüssigung der organischen Substanzen kann nur in mehr innerlich gewordenen, d. i. eingestülpten Theilen geschehen. Eine Mundöffnung und ein Dauungskanal werden dadurch nothwendig. Nicht so bei Pflanzen, wo alles nicht genug äusserlich, Berührung suchend sein kann.

Pflanzen und Thiere sind daher wesentlich gleich gebaut. Beide sind Bläschen oder Complexe von Bläschen mit contractilen Häuten und contractiler Substanz (Sarcode und Vacuolen in derselben), selbst mit Andeutungen von Empfindungsorganen (Augenpuncte), der Ortsbewegung und der Empfindung fähig.

Ist diess Bläschen gezwungen organische Nahrung aufzunehmen, so entwickeln sich die Bewegungsorgane und Sinneswerkzeuge weiter, es wird ein Thier; — wenn nicht, so sondert sich eine elastische, selbst starre Membran ab, und encystirt das Bläschen, das nun zur Pflanze wird, und sich in dieser Richtung weiter ausbildet. Die Ausscheidung einer solchen elastischen, aus Zellstoff bestehenden Membran, tritt in manchen selbst in höheren Thieren, periodisch ein, und zieht das Thier eben so zur Pflanze herab, als das Sprengen der Hülle die Schwärmsporen zeitweilig zu Thieren macht.

Leuckart, Ueber einige Verschiedenheiten der Thiere und Pflanzen. (Archiv für Naturgeschichte. 1851. II. p. 146.

II. Hauptstück.

Thätigkeitserscheinungen der Zelle.

§. 139. Kein Elementartheil einer Pflanze entsteht unmittelbar aus den einfachen Stoffen, sondern setzt das Vorhandensein von organischen Verbindungen derselben in flüssiger Form voraus. Zuerst entsteht daraus eine Ansammlung von stickstoffhältigen halbflüssigen Substanzen (Plasma, Protoplasma, Sarcode), die sich an ihrer äussersten Grenze verdichtet und anfänglich eine wenig zusammenhängende Membran (Primordialschlauch) bildet. In dieser Substanz geht sodann die Bildung eines Bläschens (Kernbläschen) und durch Wirkung desselben auf das Lösungsmittel die Bildung von Membranstoff einer stickstofffreien inbibitionsfähigen Substanz vor sich, der endlich die Zelle nach aussen abschliesst. Dieser Prozess der Zellbildung ist keineswegs mit einem Krystallisationsprozesse zu vergleichen.

Das Entstehen selbst der einfachsten Pflanze, oder eines Elementarorganes derselben, ist ohne Vermittlung bereits gebildeter Pflanzen und Pflanzentheile bisher noch nicht beobachtet worden. Selbst die Entstehung von Zellen in organischen Flüssigkeiten, welche Zucker, Gummi und irgend eine stickstoffhaltige Substanz enthalten und in der Umsetzung dieser Stoffe begriffen sind (Gährung), ist zweifelhaft. Mit Sicherheit lässt sich die Entstehung der Zellen nur in ausgebildeten Elementarorganen verfolgen, deren verschiedene Formen bereits §. 58—62 näher beschrieben wurden.

Liesse sich hieraus ein Schluss für die ursprüngliche Zellbildung ziehen, so könnte derselbe nicht anders als in folgender Weise gedacht werden:

In einer Flüssigkeit, in welcher Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff und Stickstoff auf eine uns noch vollkommen unbekannte Weise zur Bildung von organischen stickstoffhaltigen Verbindungen veranlasst werden, vereinigen sich zuerst die gleichartigen Atome zur Entstehung eines mikroskopischen Kerns, der in seinem Umfange verdichtet und, sowohl nach innen sich weiter entwickelnd als mit dem umgebenen Medium in Wechselwirkung tretend, zur Bildung einer von dem Kerne chemisch verschiedenen Haut veranlasst wird.

Zur näheren Bezeichnung des früher angegebenen Vorganges der Zellbildung in Mutterzellen möge noch Folgendes dienen:

Es wäre eine durchaus irrige Vorstellung, die Protoplasmasubstanz als das Secundäre, und das Kernbläschen als das Primitive in der Bildung der Zelle anzusehen, wenn es gleich bei dem Vorgange der Zellbildung in Mutterzellen zuweilen den Anschein hat, als ob dieses jenem vorangehe. Hier geschieht es sehr leicht, dass die ersten Bildungsvorgänge, die aus mehreren Ursachen ohnehin nicht scharf genug hervortreten können, übersehen werden. Zu diesen zähle ich vor allen andern die Ansammlung von schleimig-körniger Substanz (Protoplasma) zu gesonderten Ballen oder Kernen. Häufig geht diesen eine transitorische Vacuolenbildung des Protoplasma der Mutterzelle voraus, wobei die mannigfaltigsten Veränderungen in kurzer Zeit Statt finden. Erst nachdem dieses geschehen, bemerkt man die Entstehung eines Bläschens in eben dieser Masse, es ist das Kernbläschen mit der Tendenz zur weiteren Organisation seines schleimigen Inhaltes, was zur Entstehung von Kernkörperchen Veranlassung gibt.

Gleichzeitig mit der Ausbildung des Kernbläschens findet auch die Ausscheidung der Cellulosemembran an der Aussenseite des Primordialschlauches Statt, wodurch die Zelle erst ihre Individualisirung und die Fähigkeit zur weiteren Entwicklung, zum

Wachsthume u. s. w. erlangt. Die Membran, welche sowohl im Umfang als in der Dicke wächst, tritt durch ihre Inbibitionsfähigkeit mit den umgebenen Medien in Wechselwirkung und bringt mit der blasenförmigen Erhebung alle weiteren Veränderungen im Leben der Zelle hervor.

Man hat die Zellbildung eine organische Krystallisation inbibitionsfähiger Stoffe genannt. Beide haben jedoch nur das mit einander gemein, dass sie Gestaltungsprozesse sind.

Zellen unterscheiden sich nicht blos von den Krystallen durch die Inbibitionsfähigkeit der Schichten, sondern auch dadurch, dass sich die gebildeten Schichten von einander trennen. Bei der Zellbildung lösen sich zuletzt die äusseren Schichten als eine Blase von dem früher krystallisirten Theile, dem Kerne, los. Diess geschieht, indem sich die Moleküle mehr in der Richtung der Tangente, als in der Richtung des Radius durch Intussusception anlagern. Die Intussusception geschieht also hier nicht gleichmässig im Raume. Wäre aber in der organischen Krystallisation auch blos die Durchdringlichkeit der Substanz und ihr Vermögen durch dieselbe mehr in die Fläche als in die Dicke sich auszudehnen, vorhanden, so müssten doch je nach dem Concentrationsgrade der Mutterlauge immerhin Reihen concentrischer, in einander geschichteter Blasen, gleichsam Krystalle mit losen Schichten, entstehen. Diess ist jedoch nicht der Fall; es entstehen immer nur zwei Schichten, Kern und Zellwand. Es kann daher die Bildung dieser Schichtung unmöglich, wie bei dem Krystallisationsprozesse von der Mutterlauge abhängig sein.

Ein zweiter Unterschied liegt in der qualitativen Verschiedenheit der Schichten. Kern und Zellwand sind immerhin verschieden. Die organische Krystallisation bildet also nicht gleichartige, sondern chemisch verschiedene Schichten.

Weiters ist die Zellhaut nicht als solche in der Mutterlauge aufgelöst, sondern sie bildet sich erst durch Einwirkung (Contactwirkung) des Kerns auf die Mutterlauge, deren bildungsfähige Substanzen er anzieht und aus denselben die Zellhaut abscheidet.

Nach diesem könnte man allenfalls wohl einzelne Theile der Zelle als Krystalle ansehen, die Zelle selbst aber müsste jedenfalls als eine Bildung höheren Grades betrachtet werden.

Th. Schwann, Mikroskopische Untersuchungen etc. 1839. p. 239.
J. Schleiden, Grundzüge der Botanik. Zweite Auflage. I. p. 197.
C. Nägeli, Zeitschrift für wissenschaftliche Botanik. Heft II. p. 8.
K. B. Reichert, Bericht über die Fortschritte der mikroskopischen Anatomie im Jahre 1845. (Archiv für Anatomie u. Physiol. 1846. p. 176.)

§. 140. Die Zellen sind in ihrer vollständigen Ausbildung Bläschen oder Schläuche von einer festen mehr oder weniger zähen, dehnbaren, elastischen Substanz (Zellhaut), erfüllt von grösstentheils flüssigen, organischen, umbildungsfähigen Stoffen (Zellsaft).

Da die Zellhaut für das Wasser und alle in demselben löslichen Stoffe durchdringbar (permeabel) ist, so können diese in das Innere der Zellen gelangen, wenn diese gleich von allen Seiten geschlossen sind. Das Eindringen fremder Stoffe ist an physikalische Bedingungen gebunden, und stellt jenen Vorgang dar, den man Endosmose genannt hat.

Von der ursprünglichen Beschaffenheit der Zelle entfernt sich die darauffolgende merklich durch die Beschaffenheit des Inhaltes, indem zu der Protoplasmasubstanz bald eine grössere Menge Zellflüssigkeit hinzukommt, die anfänglich in Vacuolen durch die ganze Inhaltsmasse ausgeschieden, nach und nach aber so überhand nimmt, dass die Körnersubstanz untergeordnet erscheint, und nur noch um das Kernbläschen und an der äussern, dem Primordialschlauche zunächstliegenden Grenze in seiner ursprünglichen Beschaffenheit vorkömmt. Dieser Zustand bezeichnet das zweite Bildungsstadium der Zelle. Die chemischen Vorgänge gehen jetzt am lebhaftesten vor sich. In Berührung mit Wasser und den in demselben gelösten Substanzen müssen Veränderungen im Zellinhalte vor sich gehen.

Flüssigkeiten von verschiedenem Concentrationsgrade mit einander in Berührung gebracht, wirken wie alle Körper auf einander ein, indem sie sich gegenseitig anziehen. Da ihre Theile leicht verschiebbar sind, so geschieht nach und nach ein Vermischen beider, und die ursprünglich verschiedenen Flüssigkeiten stellen zuletzt eine gleichartige Mischung dar. Bei diesem Vorgange übt jedoch die consistentere Flüssigkeit als grössere Masse mehr Anziehung auf die minder consistente aus, als umgekehrt. Werden beide Flüssigkeiten durch eine permeable Haut von einander getrennt, so geschieht nichtsdestoweniger dasselbe, indem die von der einen oder von der andern Flüssigkeit durchdrungene Haut beide Flüssigkeiten immer wieder in unmittelbare Berührung bringt. Die dichtere Flüssigkeit wird die dünnere an sich zu ziehen suchen, wo sie mit derselben in Berührung kommt, und daher sich ihrer in der Membran oder an der Grenze derselben zu bemächtigen suchen. Gleichzeitig wird aber auch die minder consistente Flüssigkeit die dichtere auf dieselbe Weise an sich ziehen, nur mit geringerer Kraft. In einem passenden Apparate (Endosmometer) lässt sich die resultirende beider Kräfte sogar quantitativ bestimmen. Denkt man sich nun die dichtere Flüssigkeit in einem abgeschlossenen Gefässe durch eine vegetabilische Membran mit der dünnern in Berührung, so muss nothwendig ein Eindringen der letzteren in das erstere erfolgen, umgekehrt aber nur ein geringes Austreten der dichteren Flüssigkeit.

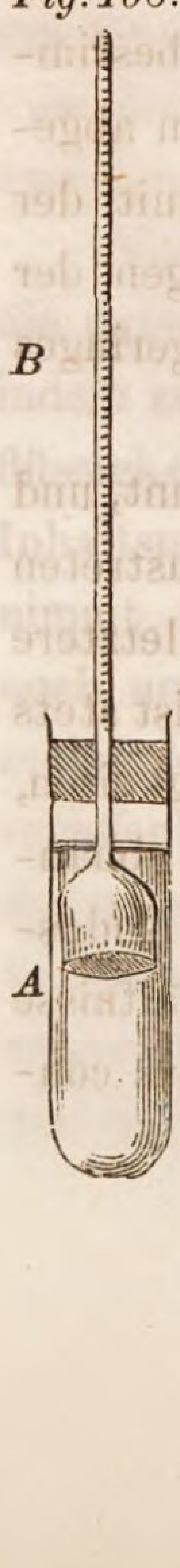
Man hat diese Diffusionserscheinung D i a s m o s e genannt, und zwar das Eindringen E n d o s m o s e, das gleichzeitige Austreten der Flüssigkeit, E x o s m o s e. Die Kraft, womit erstere die letztere in einem gegebenen Falle überwiegt (endosmotische Kraft), ist stets von der Natur und dem Concentrationsgrade beider Flüssigkeiten, so wie von der Beschaffenheit der vegetabilischen Membran abhängig. Jede vegetabilische Zelle stellt gewissermassen einen endosmotischen Apparat dar, und muss, da ihr Inhalt im Verhältnisse zu der mit ihr in Berührung kommenden Flüssigkeit s t e t s concentrirter ist, eine Endosmose zur Folge haben.

In Bezug auf die Anziehungskraft zum Wasser verhalten sich die verschiedenen Substanzen sehr ungleich. Zucker hat eine noch einmal so starke endosmotische Kraft als Gummi, und Eiweiss übertrifft selbst Zucker. Aber auch die festen und festweichen Körper im Innern der Zellen können auf den Prozess der Endosmose nicht ohne Wirkung sein. So lange diese Stoffe im Innern der Zelle gebildet werden, ergibt sich stets ein für die Endosmose günstiges Verhältniss.

Um die diasmotischen Erscheinungen der vegetabilischen Membran einer genauen Bestimmung unterwerfen zu können, sind folgende Umstände zu berücksichtigen:

Die Kleinheit der Pflanzenzelle bringt es mit sich, dass die Zellmembran als solche nur unter dem Mikroskope als Gegenstand der diessfälligen Untersuchungen dienen kann; für das Endosmometer sind nur in Form von Platten oder von Häuten zusammenhängende Zellen mit ihrem Inhalte anwendbar. Epidermal- und Peridermalüberzüge verschiedener Pflanzentheile so wie plattenförmig ausgebreitete dünne, biegsame Organe, wie viele Blätter u. s. w., sind hiefür am tauglichsten. Da man aber auch von diesen in der Regel nur kleinere Theile in ihrem Zusammenhange unverletzt zu erhalten im Stande ist, so muss das Endosmometer *(Fig. 108)* viel kleiner als gewöhnlich construirt sein. Es genügt, die Oeffnung der kugelförmigen Erweiterung *A* zu 7—8 Linien und das Lumen der daran befindlichen Röhre *B* zu 1—$1^1/_4$ Linien festzustellen. Ueber die etwas umgestülpte Oeffnung wird die zu untersuchende Pflanzenhaut mit einem gewichsten Faden sorgfältig angeheftet und der Rand mit Klebewachs verstrichen. Mittelst einem feinen Glastrichter wird nun die Flüssigkeit (Zucker- oder Gummi-Lösung) von bestimmtem Concentrationsgrade bis etwas über die Kugel eingefüllt, dieselbe mit Wasser u. s. w. in Berührung gebracht, und der Stand der Flüssigkeitssäule an der in Millimeter getheilten Röhre bemerkt. Nach einer bestimmten Zeit wird die in der Röhre gestie-

Fig. 108.



gene Flüssigkeit beobachtet. Der Stand derselben gibt für alle in gleicher Weise ausgeführten Untersuchungen die erforderliche Vergleichungszahl.

Auf diese Art sind von Hrn. Garreau (Ann. d. scienc. nat. 1849 p. 321) die Oberhaut von Zwiebelschuppen (Allium Cepa, Allium Porrum), von Blattscheiden (Ferrula tingitana, Dipsacus laciniatus, Cnicus oleraceus, Centaurea garganica), von Blättern (Sedum Telephium, S. verticillatum, Sempervivum tectorum, Ornithogalum pyramidale, Scilla patula, Colchicum autumnale), ferner ganze Blätter (Convallaria majalis, Potamogeton lucens) und Rinden (Sambucus nigra), einer vergleichenden Untersuchung unterzogen worden, woraus sich ergab, dass die endosmotische Kraft von den die Zellhaut bedeckenden und sie durchdringenden wachsartigen und fetten Substanzen wesentlich beeinträchtiget wird. In einer andern Weise, nämlich durch macerirte und präparirte Blätter von Hyacinthus und Allium sind Versuche von Th. Hartig ausgeführt worden, deren Ergebnisse zu verschieden sind, als dass sie in wenigen Worten zusammengefasst werden könnten. Genauere Untersuchungen über die endosmotische Wirksamkeit der Zellhaut können nur mikroskopische Versuche geben. Diese zeigen, dass im allgemeinen die Zellhaut und der Primordialschlauch sich ganz und gar verschieden verhalten.

Bringt man lebensfähige Pflanzenzellen in Berührung mit Wasser, so erfolgt unter allen Umständen Endosmose, und die Kraft, womit dieselbe bewerkstelligt wird, ist oft so bedeutend, dass die Zellhaut der erfolgten Volumenvergrösserung nicht hinlänglichen Widerstand entgegenzusetzen vermag; sie zerreisst, wie das z. B. bei Benetzung der Pollenzellen häufig geschieht. Dass dasselbe nicht bei allen mit Wasser in Berührung kommenden Pflanzenzellen der Fall ist, kann nur in dem fort und fort sich herstellenden Gleichgewichte zwischen der Aufnahme und der Capacität zu suchen sein.

Dem ganz entgegengesetzt ist der Effect, wenn die Zelle in eine consistentere Flüssigkeit, z. B. in eine Zucker-, Gummi-,

Eiweisslösung, oder überhaupt in eine Flüssigkeit versetzt wird, welche ihr mehr oder weniger Wasser entzieht. Es kann hiebei nichts anders als eine Volumsverminderung Statt finden, allein da die Starrheit der Cellulosehaut ein Zusammenschrumpfen verhindert, so lässt sich diese Wirksamkeit nur an der weichen, zarten, biegsamen Primordialhaut wahrnehmen, die sich desshalb auch von der Zellstoffhaut trennt, und als ein zusammengefalteter Schlauch im Innern der Zelle bemerkbar wird *(Fig. 14)*. Natürlich muss dieser Schlauch den gesammten durch die Wasserentziehung concentrirten Zellinhalt enthalten.

Fig. 109.



Nach der Inbibitionsfähigkeit der einzelnen Theile der Zellmembran tritt die Wasserentziehung nicht an allen Puncten der Zellhaut zugleich ein. Die Primordialhaut löst sich daher von der Cellulosehaut theilweise, und zwar in Form von halbkugelförmigen Blasen, die zuletzt unregelmässig aneinander stossen, und so einen stellenweise verengerten, mit der Cellulosehaut hie und da zusammenhängenden Schlauch darstellen *(Fig. 109 *)*. Lässt man auf solche zusammengeschrumpfte Zellen Wasser einwirken, so dehnt sich der Primordialschlauch wieder aus und nimmt seine vorige Lage ein, ja es lassen sich beide Zustände mehrmals hinter einander nach Belieben hervorbringen. Durch zu rasche Was-

Fig. 109. Eine Zelle aus dem Blattstiele von *Beta Cycla* mit rothem Zellsaft und grünen Chlorophyllbläschen erfüllt. *, * Der Zustand auf Einwirkung einer concentrirten Zuckerlösung. Der Primordialschlauch hat sich theilweise von der Cellulosehaut zurückgezogen. Der Raum zwischen beiden ist mit vollkommen farbloser Flüssigkeit erfüllt. **, ** Zustand nach Vertauschung der Zuckerlösung mit dest. Wasser. Der Primordialschlauch ist durch die zu rasche Wasseraufnahme zerrissen, und es haben sich daraus zwei vollkommen geschlossene Säcke mit rothem Inhalte gebildet, die endlich an einander stiessen, ohne dass die Scheidewand dabei verloren ging.

seraufnahme während dem Zusammengeschrumpftsein geschieht es auch hier, dass die Primordialhaut zerreisst und ihren Inhalt in den übrigen Zellraum ergiesst, in andern Fällen beobachtet man aber ein Agglutiniren der zerrissenen Theile, wodurch dann in einer Zelle zwei nebeneinander liegende Primordialschläuche mit ihrem Inhalte erscheinen *(Fig. 109**)*, welche selbst bei ihrer Ausdehnung und gegenseitigen Berührung keineswegs mit einander verschmelzen, sondern die Zelle durch eine Scheidewand in zwei Theile theilen. Ungeachtet der leichten Vereinigung der zerrissenen Theile kann man eine solche Primordialhaut dennoch keine hautartige Schleimschichte nennen. In dem angeführten Beispiele der Zelle aus dem Blattstiele von Beta Cycla muss übrigens noch die Undurchdringlichkeit der Primordialhaut für Farbestoffe für dieselbe Ansicht sprechen.

Ausser den auf Diffusion beruhenden endosmotischen Erscheinungen ist noch das Verhältniss der Zelle zu luftförmigen Substanzen zu berücksichtigen. Wie für Flüssigkeiten ist die Zellwand auch für Gase wegsam. Ein einfacher Versuch mit dem Endosmometer, wo derselbe mit Kalkwasser gefüllt und in eine Atmosphäre von Kohlensäure gebracht, in kurzer Zeit statt jenem kohlensauren Kalk enthält, beweist, dass die Zellwand für kohlensaures Gas sehr leicht durchdringlich ist. Vergleichende Versuche haben gezeigt, dass jene oberwähnten Hindernisse für die Endosmose, beim Gasaustausche ohne Wirkung sind.

Garreau, Recherches sur l'absorption et l'exhalation des surfaces aëriennes des plantes. (Ann. des scienc. nat. 1849. p. 321.)

Th. Hartig, Ueber die endosmotischen Eigenschaften der Pflanzenhäute. Botan. Zeit. XI. 1853. p. 309.

Idem, Fortsetzung der Versuche über die endosmotischen Eigenschaften der Pflanzenhaut. Botan. Zeit. XI. 1853. p. 481.

§. 141. Die in der Zelle vor sich gehenden chemischen Prozesse bedürfen einer steten Zufuhr verwendbarer Stoffe von aussen her. Diese können ihr nur im tropfbar- oder im elastisch-flüssigen Zustande unter

den Bedingungen der Diffussionsgesetze zu Theil werden, es ist aber vollkommen gleichgiltig, ob dieselben unorganische Verbindungen oder assimilirte Stoffe sind. Das wichtigste Vehikel sowohl für diese als für jene ist das Wasser.

Da kein organischer Körper und somit auch keine Pflanzenzelle einfache Stoffe selbst zu erzeugen, noch einen Stoff in den andern zu umwandeln vermag, so muss dieselbe die zu ihrem Bestande nothwendigen Stoffe von aussen erhalten. Da sie überdiess nicht im Stande ist, chemische Elemente als solche zu verwenden, sondern sich ihrer nur aus Zusammensetzungen zu bemächtigen, so müssen alle Stoffe, die als Nahrungsmittel dienen sollen, in bestehenden Verbindungen (binären, ternären u. s. w.) aufgenommen werden. Ausnahmen können unter bestimmten Umständen einige Gasarten, wie z. B. Sauerstoff, Stickstoff u. s w. machen.

Die Erfahrung hat gelehrt, dass vorzüglich Wasser (HO), Kohlensäure (CO^2) und Ammoniak (H^3N) nebst einigen Salzen als Nahrungsmittel der Pflanzen angesehen sein müssen. Der bei weitem grössere Theil ihrer Bestandtheile (C.O.H.N) wird aus obigen Körpern gebildet.

Anderseits ist es eben so gewiss, und durch Beobachtungen und Versuche bestätigt, dass die Pflanzenzelle auch assimilirte Stoffe, wie z. B. Gummi, Zucker u. s. w., aufzunehmen im Stande ist, sobald sie unter gehörigen Bedingungen geboten werden. Nur mit Affinitätskräften ausgerüstet macht sie jedoch keinen Unterschied zwischen solchen Stoffen, die ihr gedeihlich oder schädlich sind, d. h. sie besitzt kein Wahlvermögen. Die Ernährung der Pollenzelle auf der Narbe und ihr Wachsthum ist dadurch bedingt.

§. 142. Die von aussen aufgenommenen Verbindungen werden zersetzt, ihre Elemente gehen neue Combinationen ein, welche als Bestandtheile der Zelle für dieselbe unumgänglich nothwendig, oder mehr oder min-

der ausserwesentlich sind. Erstere werden assimilirte Stoffe, letztere Secrete genannt. Wasser und Ammoniaksalze, als die am leichtesten zersetzbaren Verbindungen, so wie Kohlensäure, dürften vor allen zuerst zur Bildung derselben verwendet werden. Ob die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Zelle (die Proteïnverbindungen) durch ihre katalitische Kraft hiebei einen näheren oder nur einen entfernteren Antheil haben, ist noch nicht ermittelt.

Wenn wir auch von den in der Zelle erzeugten Verbindungen ihre wirkliche Zusammensetzung, d. i. die Combination der Elemente (synthetische Formel), oder ihr Entstehen nicht kennen, sondern dafür bisher nur Vorstellungsformeln haben, z. B. für Amylum $C^{12} H^{10} O^{10}$, für Traubenzucker $C^{12} H^{12} O^{12} + {}^{2}(HO)$, so lässt sich nichtsdestoweniger begreiflich machen, wie aus den aufgenommenen unorganischen Verbindungen dergleichen Körper hervorgehen.

		C	H	O
Aus 12 Atomen Kohlensäure	=	12	—	24
und 24 » Wasser	=	—	24	24
		12	24	48
wobei frei werden 24 Atome Sauerstoff		—	—	24
entsteht 1 Atom Traubenzucker	=	12	12	12
			2	2

+ 10 Aq., ohne dass dabei die sehr schwer zerlegbare Kohlensäure, wohl aber das leicht zersetzbare Wasser eine Veränderung erfährt.

Auf gleiche Weise liesse sich die Entstehung von Amylum, Zellstoff, Dextrin, Rohrzucker, Inulin u. s. w. erklären, wobei statt 10 Atomen Wasser 12 Atome frei werden.

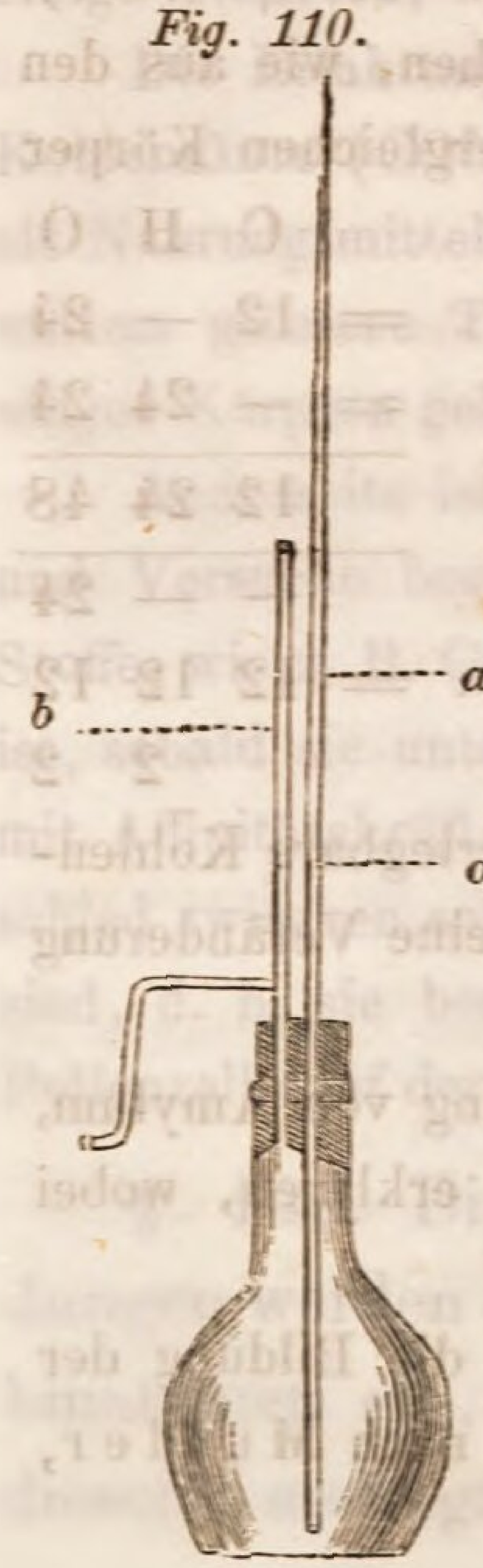
Für stickstoffhaltige Substanzen gibt uns die Bildung der Essigmutter (Mycoderma aceti) und des Essigs, nach M u l d e r, ein passendes Beispiel.

		C	H	O	N
Aus 74 Atomen Wasser	=	—	74	74	—
» 94 » Kohlensäure	=	94	—	188	—
» 2 » kohlens. Ammoniak (CO^2)	=	2	—	4	—
(H^3N)	=	—	6	—	2
bildet sich		96	80	266	2
1 Atom Proteïn		48	40	14	2
4 Atome Zellstoff, d. i. C^{12} H^{10} O^{10}		48	40	40	—
und 212 Atome Sauerstoff werden frei		—	—	212	—
		96	80	266	2

Diese 212 Sauerstoffe reichen gerade hin, 52 At. Alkohol in Essigsäure zu verwandeln. —

Unter katalytischer Kraft (Berzelius) oder Contactwirkung (Mitscherlich) versteht man die Fähigkeit irgend eines Körpers, in einem andern Zersetzungen zu veranlassen, ohne selbst dabei Veränderungen zu erfahren. So z. B. verwandelt Schwefelsäure in der Wärme und Diastase Amylum in Dextrin und Zucker. Jedenfalls sind in der Pflanzenzelle die stickstoffhaltigen Substanzen solche, welche zunächst dergleichen Wirkungen auf andere Stoffe ausüben, und wenn auch kaum die Bildung, so doch wenigstens die Umbildung der assimilirten Stoffe bedingen. Von eben so wichtigem Einflusse sind auch sicherlich das Licht und die übrigen Imponderabilien.

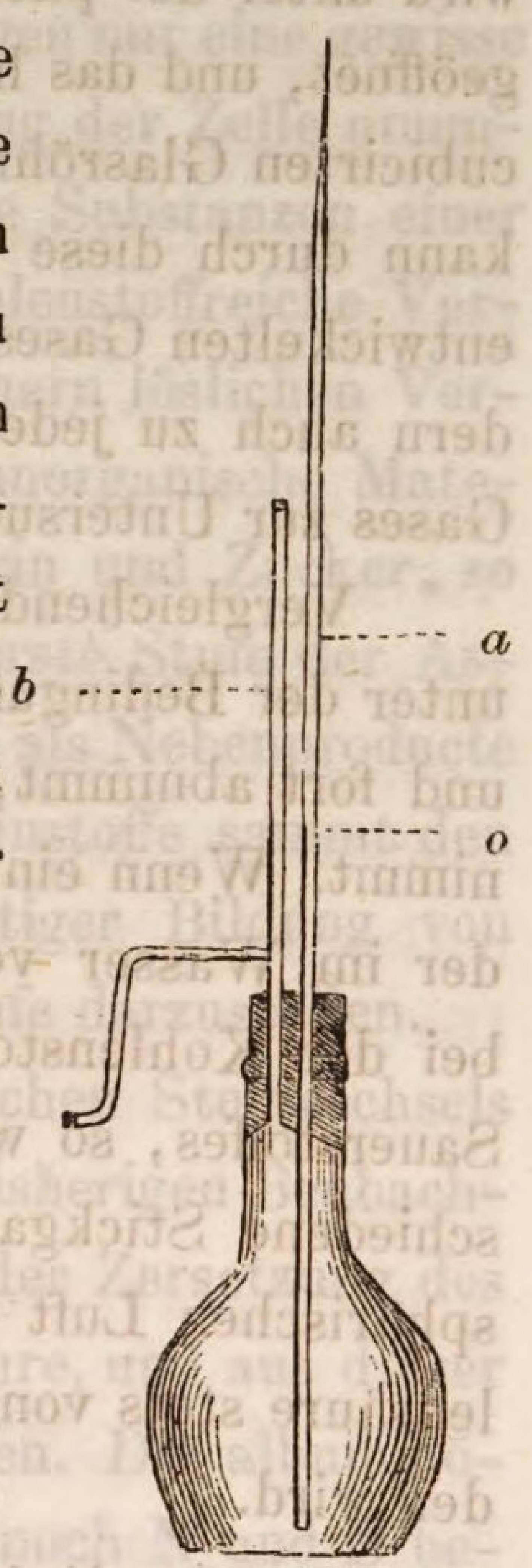
Fig. 110.



Um den Antheil des Wassers bei der Bildung der Pflanzensubstanz zu ermessen, kann folgendes Experiment dienen. Man gibt irgend eine Wasserpflanze, eine Alge, Najadee u. s. w. in ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss, welches durch einen von zwei geraden Röhren durchbohrten Korkpfropf hermetisch geschlossen ist *(Fig. 110)*. Die eine dieser 3—4 Linien weiten

Röhre *a* geht bis zum Boden des Gefässes und ist an der Spitze in ein Haarröhrchen ausgezogen, die zweite Glasröhre *b* reicht nur bis zum Grunde des konisch ausgehöhlten Pfropfes und wird am obern Ende geschlossen, und nur von Zeit zu Zeit geöffnet, um die im Glase angesammelten Gase zu entfernen. Das Entweichen einer messbaren Menge Wassers ist durch diesen Apparat kaum möglich. Notirt man sich bei Beginn des Versuches den Stand der Wassersäule in beiden Röhren *o*, so wird man nach einiger Zeit an der in Volumensgrade getheilten Röhre die Verminderung des Wassers leicht wahrzunehmen, und bei jedesmaliger Berücksichtigung des Thermometerstandes den Wasserverlust durch die Vegetation der Pflanze zu berechnen im Stande sein, vorausgesetzt, dass auch das veränderte Volumen der eingetauchten Pflanze dabei in Rechnung kommt. Nach dieser Methode durch längere Zeit an Ceratophyllum submersum ausgeführte Versuche haben mir gezeigt, dass der Wasserverlust durch Zersetzung des Wassers und durch Assimilation seiner Bestandtheile viel geringer ist, als man bisher annahm, und dass derselbe genau der Substanzzunahme an Wasserstoff- und Sauerstoffverbindungen entsprechen dürfte, so dass also bei diesem Zersetzungs- und Assimilationsvorgange nicht die geringste Menge des einen oder des andern Elementes verloren geht.

Fig. 111.



Auf gleiche Weise lässt sich auch über die Zersetzung der Kohlensäure experimentiren, und es eignen sich hiezu gleichfalls am besten Wasserpflanzen. Der Apparat ist ungefähr derselbe, nur ist die kurze Röhre *b*, welche zur Aufnahme der Gase bestimmt ist, in einem doppelten Schenkel gebogen *(Fig. 111)*. Hat sich im Halse der Flasche aus den Wasserpflanzen eine hinreichende Menge Gas angesammelt, und dadurch die Wassersäule in *a* gehoben, so

wird unter der pneumatischen Wanne der Verschluss der Röhre *b* geöffnet, und das herausströmende Gas in einer darüber gestellten cubicirten Glasröhre zur weiteren Untersuchung aufgefangen. Man kann durch diese Vorrichtung nicht nur die Gesammtmenge des entwickelten Gases auf das genaueste in Erfahrung bringen, sondern auch zu jeder Zeit eine beliebige Menge des entwickelten Gases zur Untersuchung erlangen.

Vergleichende Versuche haben gezeigt, dass die Gasmenge unter der Bedingung, dass das Wasser nicht erneuert wird, fort und fort abnimmt, ihr Sauerstoff dagegen in gleichem Masse zunimmt. Wenn ein Theil des Sauerstoffes nur von der Zersetzung der im Wasser vorhandenen Kohlensäure herrühren kann, wobei der Kohlenstoff assimilirt wird, so ist der andere Theil des Sauerstoffes, so wie das gleichzeitig mit dem Sauerstoffe ausgeschiedene Stickgas nur von der im Wasser vorhandenen atmosphärischen Luft herzuleiten, die bei der Assimilation der Kohlensäure stets von der Pflanzensubstanz angezogen und abgeschieden wird.

Cloëz et Gradiolet, Recherches expérimentales sur la végétation des plantes submergées. Ann. de Chim. et de Phys. 3 Sér. XXXII. p. 41.

F. Unger, Welchen Ursprung hat das von den grünen Pflanzentheilen ausgeschiedene Stickgas? Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften. X. 1853. p. 414.

Idem, Versuche über die Luftausscheidung lebender Pflanzen. Sitzungsber. der k. k. Akademie d. Wissensch. X. 1853. p. 404.

§. 143. Bei der Ueberführung der chemischen Elemente in assimilirte Stoffe werden in Folge der sich vielfach limitirenden chemischen Prozesse Stoffe gebildet, welche für das Leben der Zelle von ausserwesentlichem Antheil und solche, welche selbst störende Wirkungen veranlassen. Beides, sogenannte Secrete, sind sowohl einfache Stoffe, wie z. B. Sauerstoff, als Verbindungen derselben wie Pflanzensäuren, Alkaloide u. s. w.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass mit der Assimilation der unorganischen Stoffe zu organischen Verbindungen nur eine gewisse Reihe von Substanzen entsteht, die zur Bildung der Zelle unumgänglich nothwendig sind, dass aber eben diese Substanzen einer fortwährenden Umbildung in complicirtere kohlenstoffreiche Verbindungen, so wie einer Rückbildung zu einfachern löslichen Verbindungen und einer endlichen Zersetzung in unorganische Materien unterworfen sind. So scheinen z. B. Dextrin und Zucker, so wie die löslichen Proteïnverbindungen nur die erste Stufe der Assimilation anzudeuten, wobei die Pflanzensäuren als Nebenproducte erscheinen, dagegen Cellulose, Amylum, Pectinstoffe sammt den unlöslichen Proteïnverbindungen bei gleichzeitiger Bildung von Fett, Wachs, ätherischem Oele, die zweite Stufe darzustellen.

Welches die ersten Producte des pflanzlichen Stoffwechsels sind, welches die folgenden, lässt sich aus den bisherigen Beobachtungen noch nicht entnehmen, doch dürfte aus der Zersetzung des Wassers und der Kohlensäure zuerst Ameisensäure, und aus dieser und der Kohlensäure sich Oxalsäure hervorbilden. Die albuminösen Substanzen, die ausser C, H und O auch noch N und S bedürfen, können erst gebildet werden, wenn C-, H- und O-haltige Verbindungen bereits erzeugt, und mit N und S-haltigen in Wechselwirkung treten. Hier ist die Wichtigkeit des Ammoniaks als Nahrungsmittel ersichtlich.

Indess sind die verschiedenen Stoffe, welche die Zelle nach ihrer äusserst mannigfaltigen Entwicklung zu ihrer Existenz nothwendig bedarf, nicht leicht zu bestimmen, da alle Zellen nur bestimmten Pflanzen angehören, welche sich von andern unterscheiden, und daher mit eigens modificirten Kräften begabt sein müssen. Ob das Morphin, Veratrin, Solanin u. s. w. nicht für gewisse Zellen nothwendig sind, möchte kaum zu bezweifeln sein. Dagegen sind andere Stoffe, die zwar allgemein auftreten, sicherlich nicht für die Constitution der Zelle nothwendig, wie z. B. die Säuren. Da der Zelle mit den Salzlösungen, welche jedes Wasser in grösserer oder geringerer Menge enthält, Basen zugeführt

werden, so sind es vorzüglich diese, welche die sonst schädliche Wirkung jener Secretionsproducte zu neutralisiren im Stande sind. Aus diesem Grunde scheint eine gewisse Menge von Basen zur Vegetation nothwendig, und wo die anorganischen Basen nicht hinreichen, die organischen diess Geschäft übernehmen zu müssen.

Ohne Zweifel ist daher die Mannigfaltigkeit der Pflanzenstoffe in den Zellen der Gewächse nur die Folge des gleichzeitigen Vorhandenseins von intermediären Stoffen. Zehn bis zwölf Stoffe können in einer Pflanze die Bestimmung haben, ein gewisses Endresultat hervorzubringen. Ein Stoff bildet sich dabei aus dem andern. Sind daher auch nur vier Stoffe zur Existenz einer Pflanze nothwendig, so können doch zwanzig und mehr vorhanden sein. Die Anfangsglieder solcher Reihen von Stoffen bilden die Nahrungsmittel, die Endglieder die nothwendigen Bestandtheile der Pflanze.

F. Rochleder, Phytochemie. 1854.

§. 144. Mit der Endosmose, welche die Zelle mit Nahrungsmitteln versorgt, erfolgt nothwendig auch eine Exosmose, wodurch ein kleiner Theil des Inhaltes heraustritt. Luftarten, wenn sie frei sind, entweichen ohne Hinderniss durch die Zellwand, im andern Falle unter Umständen des Austausches anderer Gasarten. Dieser Vorgang, den man im Gegensatze zur Aufnahme Ausscheidung (excretion) nennt, betrifft nebenbei nur in so fern schädliche, d. i. den chemischen Prozess der Zellen störende Soffe, als ohne ihre Entfernung eine Fortdauer desselben nicht möglich wäre.

Die Excretionsstoffe sind sowohl flüssig als gasförmig, erstere von mannigfaltiger Beschaffenheit, letztere hauptsächlich Sauerstoff, Kohlensäure und Wasserstoff. Häufig sind mit der Aufnahme und Zersetzung der Nahrungsstoffe auch Ausscheidungen verknüpft.

§. 145. Mit der Bildung der assimilirten Stoffe ist ihre Verwendung für die Erhaltung und Vergrösserung der Zelle, ferner für die Bildung neuer Elementartheile nothwendig in Verbindung. Wir fassen diesen Vorgang unter der Bezeichnung der Ernährung (nutritio) zusammen.

Am wichtigsten ist bei dem Vorgange der Ernährung der Zellen die Vergrösserung der Zellwand, welche keineswegs durch eine der Krystallisation ähnliche Anlagerung (appositio) des gebildeten Zellstoffes an die bereits vorhandene Membran, sondern mittelst Durchdringung in den kleinsten Theilchen (intussusceptio) und zwar vorzüglich in der Richtung der Tangente vor sich geht, wobei allerdings die Anziehung des Gleichartigen die Hauptrolle spielt. Nach Vollendung der Ausdehnung, die von der jeder Pflanze eigenen Gesetzlichkeit abhängt, erfolgt erst das Dickewachsthum der Zellmembran, welche durch schichtenweise Anlagerung von Zellstoff vor sich geht. Da die Vergrösserung der primären Zellhaut zuweilen noch erfolgt, als schon der Verdickungsprozess angefangen hat, so entstehen daraus eigenthümliche Formverhältnisse, auf die wir bereits §§. 42, 43 aufmerksam machten. Auch ist nicht zu übersehen, dass die chemische Beschaffenheit der Verdickungsschichten nicht dieselbe bleibt, was auf einen fortwährenden Stoffwechsel derselben schliessen lässt.

§. 146. Auf einer gewissen Stufe der Ausbildung, wenn die gehörige Menge von Bildungsstoffen gesammelt ist, erlangt die Zelle die Fähigkeit sich fortzupflanzen, d. i. aus sich neue Zellen hervorzubringen. Diess geschieht auf die §. 59 seqq. angegebene Weise durch freie Zellbildung und durch Zellbildung mittelst Theilung. In beiden Fällen verhält sich die ursprüngliche Zelle zu den daraus hervorgehenden Zellen als Mutter-

zelle zu den Tochterzellen, welche stets zu Grunde geht, wenn diese ihre Ausbildung erlangt haben.

Die Fortpflanzuug der Zellen ist ein Act ihrer besonderen Wirksamkeit, wozu nicht jede befähigt ist. Noch kennt man die Bedingungen nicht, wodurch diese Befähigung erzielt wird, die aber sicherlich von allgemeinen Bildungsgesetzen einerseits und den materiellen Verhältnissen anderseits abhängig ist. In der Regel ist nur die jugendliche Zelle, bei welcher die Zellmembran noch keine bedeutenden Verdickungen erfuhr, zeugungsfähig, doch kommt diese Eigenschaft auch ältern Zellen zu, die nach längerer Unthätigkeit zu diesem Acte genöthigt werden, wie diess z. B. in der Rinde der Stämme der Fall ist.

Mit einer gewissen Stufe der Ausbildung der Tochterzelle, wodurch deren Lebensfähigkeit gesichert erscheint, erfolgt in allen Fällen unausweichlich der Tod der Mutterzelle. Dieser ist dadurch von selbst herbeigeführt, da der Inhalt der Mutterzelle entweder ganz oder doch zum grossen Theil in den Bestand der Tochterzellen übergeht, wobei nur die Cellulosemembran noch übrig bleibt, die aber fast gleichzeitig theilweise oder ganz durch Schmelzung aufgelöst, und nicht selten in diesem Zustande als Nahrung für die Tochterzellen verwendet wird. Die Bildung zusammenhängender Zellenmassen setzen diese Consumtion der Mutterzellen voraus.

In andern, aber selteneren Fällen bleibt die Membran der Mutterzelle, nachdem sie durch die wachsenden Tochterzellen aufgesprengt wird, als eine Scheide über einer oder der anderen sitzen, und mag ihr vielleicht zum Schutze dienen. Diess findet bei mehreren Algen, z. B. bei Oedogonium, bei Desmidiaceen und bei Diatomaceen Statt.

Mit weniger Sicherheit liess sich bisher der Antheil des Kernbläschens bei der Fortpflanzung der Zellen bestimmen. Doch ist so viel gewiss, dass seine Vermehrung in der Mutterzelle der Bildung der Tochterzellen stets vorausgeht, ja dass die Anzahl derselben auf die Zahl der entstehenden Zellen schliessen lässt.

Ob aber durch dasselbe die nachfolgenden Bildungen eingeleitet und bewerkstelligt werden, lässt sich aus den mangelhaften Wahrnehmungen über diesen Act nicht mit Sicherheit angeben.

§. 147. Alle Lebenserscheinungen, welche die Zelle darbietet, die Aufnahme der Nahrungsstoffe von aussen, die Assimilation derselben, ihr Wachsthum und ihre Vermehrung, so wie die Bildung verschiedenartiger, theils flüssiger theils fester Körper, sind ohne innere Bewegung des Zellsaftes und ohne stetes Einwirken der Zellmembran auf den Inhalt und umgekehrt nicht denkbar. Es ist diess eine innere Bewegung, welche nicht in die Erscheinung tritt. Dagegen findet sich noch eine zweite Art der Bewegung, welche in der Protoplasmasubstanz ihren Sitz hat, und bei verschiedenen Pflanzen in verschiedener Form erscheinen kann.

Die Bewegung im Protoplasma ist ein allgemeines Phänomen, welches allen Pflanzenzellen ohne Ausnahme zukommt, jedoch von gewissen Umständen in der Erscheinung abhängig ist. Diese sind:

1. Eine bestimmte Entwicklungsstufe der Zelle. In ganz jungen Zellen ist noch keine Bewegung im Protoplasma wahrzunehmen.

2. Eine deutliche Sonderung des Protoplasma von dem wässerigen Zellinhalte, was jedoch wahrscheinlich von der Ausbildung der Zelle abhängt.

3. Eine nicht zu niedere Temperatur des Mediums, in welcher sich die Zelle befindet.

4. Endlich ein bestimmtes Verhältniss des flüssigen zum festen Inhalte der Zellen, wobei der erstere den letzteren bedeutend überwiegt.

Nur bei dem Zusammentreffen aller günstigen Verhältnisse und des Umstandes, dass sich in der bewegenden Flüssigkeit Körner

von verschiedener Lichtbrechung befinden, ist das Bewegungsphänomen zu erkennen.

§. 148. Die Bewegung des flüssigen Zellinhaltes geht nach zwei verschiedenen Typen vor sich. Der Strom ist entweder ein einfach rotirender, oder ein in netzförmig verbundenen Zweigen rotirender. Dort steigt der Strom an einer Seite der Zelle gerade oder schief in die Höhe, wendet sich am Ende um und kehrt an der entgegengesetzten Seite zurück. Diess ist die Rotationsströmung. Hier geht die Bewegung von einer beiläufig in der Mitte der Zelle befindlichen Stelle aus, vertheilt sich in einzelnen Radien und Zweigen derselben durch das ganze Lumen der Zelle, und kehrt nach Berührung der Wand, auf denselben oder auf anderen Bahnen zu dem Ausgangspuncte zurück. Dieses nennt man Circulation. In beiden Fällen nimmt nur die Protoplasmasubstanz an der Bewegung thätigen Antheil, während der wässerige Zellinhalt sich passiv verhält.

Ob eine scharfe Unterscheidung der beiden Bewegungsformen des Zellsaftes möglich ist, dürfte noch fraglich sein. Am längsten bekannt ist die sogenannte Rotationsströmung. Corti entdeckte sie in Caulinia fragilis und einigen Charen im Jahre 1772, Treviranus das zweite Mal im Jahre 1807. Jetzt kennt man sie in allen Theilen der Chara- und Nitella-Arten, in mehreren Najadeen (Najas, Caulinia, Potamogeton), Ceratophylleen (Ceratophyllum), ferner in allen Theilen von Vallisneria spiralis, in Hydocharis morsus ranae, Sagittaria sagittifolia, Stratiotes aloides, in Agen, in den Fruchtstielen von Jungermannia pusilla, hyalina u. s. w. In andern Landpflanzen ist es mir eben so wenig wie andern Beobachtern gelungen, Rotationsbewegungen im Zellsafte wahrzunehmen.

Am leichtesten und schönsten ist diese Form der Saftbewegung in Nitella flexilis und in andern Nitella-Arten, so wie in Vallisneria spiralis zu beobachten.

Bei allen Characeen ist die Innenwand der Zellen dicht mit Chlorophyllkörnern besetzt, mit Ausnahme zweier, einander gegenüber liegenden schmalen spiralig gewundenen Streifen, welche die Grenzen des auf- und absteigenden Saftstromes bilden. Da alle nur etwas verlängerten Zellen dieser Pflanzen mehr oder weniger gedreht sind, so folgt der Saftstrom immer einer rückläufigen Spirale. Merkwürdig ist, dass auch in Vallisneria spiralis der Saftstrom, der jedoch hier die Chlorophyllkörner so wie den Zellkern mitführt, nicht der Achse der Zelle, sondern ihrer Diagonale parallel geht. — Der sich bewegende Saft ist durch seine schleimige Beschaffenheit bei weitem mehr consistent als der übrige wässerige Zellsaft, wesshalb man ihn auch ohne die beigemengten Chlorophyll- und andern Körner besonders an den Wendepuncten in den Winkeln der Zellen deutlich zu erkennen und im Fortschreiten zu beobachten im Stande ist. Die verschiedenen grösseren und kleineren Körperchen, welche in ihm enthalten sind, verhalten sich bei der Bewegung ganz und gar passiv. Die grösseren Körperchen, als die schwereren, gehen langsamer vorwärts als die kleineren, und werden von diesen leicht eingeholt, wobei sich beiderlei Körperchen zuweilen zu unregelmässigen Klumpen zusammenballen. Die Körperchen in einem Strome werden stets von demselben in Einer Richtung fortgeführt, sie gehen daher im Aufsteigen nie in den entgegengesetzten Strom über, sondern verlaufen immer bis ans Ende der Zelle, wo sie umkehren und die absteigende Richtung verfolgen. Nur wenn sich grössere Massen zusammengeballter Körperchen auf der Grenze der entgegengesetzten Strömungen begegnen, kann es geschehen, dass sie zusammenstossen, und falls sie hinlänglich gross sind, sogar die Zelle an dieser Stelle verstopfen. In diesem Falle werden sich augenblicklich zwei selbstständige Strömungen bilden, von denen die untere an ihrem oberen, die obere an ihrem unteren Ende von diesem

Hindernisse begrenzt ist, und diese Theilung des Stromes wird so lange dauern, bis das Hinderniss beseitigt ist, was gewöhnlich einige Zeit nach der Trennung der zusammengeballten Massen geschieht, worauf die Strömung sogleich in ihre alte Bahn zurückkehrt.

Eine solche Trennung des Stromes kann auch durch Einknicken der verlängerten Zelle, oder durch Unterbinden derselben künstlich bewerkstelligt werden. Schneidet man dagegen z. B. eine Zelle von Nitella durch, so wird der Strom mit seinen Körperchen, dessen Bewegung gerade nach der Schnittfläche gerichtet ist, zuerst ausfliessen, der andere Strom aber früher seine Bahn vollenden, und dann dem ersten auf seinem Wege folgen.

Die Mächtigkeit des Stromes steht im umgekehrten Verhältnisse zur Länge der Zelle; in jungen Zellen ist der Strom am breitesten, mit zunehmendem Wachsthume der Zelle wird er verhältnissmässig schmäler. Die Schnelligkeit der Bewegung ist nach dem Alter der Pflanze und nach der Lebhaftigkeit, mit der sie vegetirt, verschieden. Bei heisser Witterung und bei Sonnenschein ist die Bewegung am schnellsten. Durch künstliche Erhöhung der Temperatur des Wassers, in dem die Pflanze vegetirt, kann die Bewegung mächtig beschleuniget werden, jedoch nur bei einer Erhöhung, welche 27° C. nicht übersteigt; eine höhere Temperatur retardirt die Bewegung, die sich nur allmälig wieder zu ihrer früheren Schnelligkeit erhebt.

Eine Temperatur des Wassers von 45° C. tödtet die Pflanze augenblicklich, dessgleichen eine Kälte von —2° bis —5° C. Entziehung des Lichtes scheint auf die Bewegung keinen andern Einfluss zu üben, als den, der aus einer unter solchen Umständen nothwendigen Retardation der Vegetationskraft erfolgt.

Setzt man eine Chara in luftleeres Wasser und sperrt dann die Röhre mit Quecksilber ab, so wird die Saftströmung nicht gestört, und endet nur mit dem Leben der Pflanze. Die Einwirkung verschiedener chemischer Stoffe hat kaum eine andere Folge

für die Bewegung des Zellsaftes, als jene, die aus den Wirkungen hervorgehen, welche sie auf die Vegetation überhaupt ausüben. Auffallend ist nur, dass Kalkwasser die Bewegung in wenigen Minuten ganz aufhebt. Eine schwache Zucker- oder Gummilösung beschleunigt den Strom in Vallisneria spiralis sehr, noch mehr thut diess Milch. Der sanft hinfliessende Strom wird dadurch so verstärkt, dass aufgethürmte Wellen einander folgen *(Fig. 112)*. Nach einiger Zeit findet jedoch eine Lösung des Primordialschlauches Statt, und die Bewegung hat ein Ende oder erscheint nur noch als Molekularbewegung.

Fig. 112.



Leitet man einen elektrischen Strom durch einen Charenschlauch, so erfolgt anfangs Erstarrung der Bewegung, und zwar zu gleicher Zeit in beiden Strömen und in einem Gradé, welcher der Stärke des elektrischen Stromes entspricht. Nach einiger Zeit fängt die Bewegung unter fortlaufendem Einflusse des elektrischen Stromes wieder an, und kehrt allmälig zu ihrer früheren Lebhaftigkeit zurück, ganz so, wie das bei jedem mechanischen Eingriffe der Fall ist. Durch Vermehrung der Plattenpaare kann die Bewegung abermals gehemmt, und durch eine starke Säule auf mehrere Stunden unterbrochen werden. Eine allmälige Wegnahme der Plattenpaare bringt die Bewegung um so schneller wieder zurück.

Werden mehrere Zellen durch Abschneiden, durch Stiche u. s. w. verletzt, so stockt besonders in jungen Pflanzen die Strömung in allen Zellen, oder sie wird wenigstens bedeutend verlangsamt; nach einiger Zeit erholt sich die Bewegung in den unverletzten Zellen wieder zur früheren Schnelligkeit. Im Allge-

Fig. 112. Zwei Zellen aus dem Blatte von *Vallisneria spiralis*, mit ihrem Saftstrome nach Einwirkung von Milch. Vergr. $^{350}/_{1}$.

meinen werden die Zellen, welche den verwundeten am nächsten liegen, auch am stärksten afficirt. Druck oder andere mechanische Einwirkungen bewirken ein Verlangsamen oder ein gänzliches Stillstehen der Strömung, die Bewegung tritt jedoch nach Entfernung dieser Hemmnisse wieder hervor, ja sogar im verstärkten Masse. Wirkliche Verletzung hat überall gänzliches Aufhören der Bewegung für immer zur Folge. —

Bei weitem mannigfaltiger, unregelmässiger und veränderlicher ist die Bewegung des Zellsaftes, wo von einem Puncte aus strahlenförmig kleine, mehr oder weniger begrenzte Strömchen bis zur Zellwand verlaufen, und von dort zum Ursprunge zurückkehrend eine Circulation darstellen, wie sie in thierischen Körpern in einem Gefässsysteme vor sich geht. Diese Form der Saftbewegung wurde von R. Brown im Jahre 1831 entdeckt, seither aber in einer so grossen Menge der verschiedensten Pflanzen gefunden, dass man diese Bewegung des Saftes als ein allgemeines Phänomen des Zelllebens betrachten kann.

Unter den einfachen Pflanzen erscheint sie in Algen, namentlich in Diatomaceen, Confervaceen (Spirogyra, Bangia), Fucoideen (Sphacellaria, Cladostephus), in Florideen, eben so in Pilzen (Achlya) u. s. w. und Flechten. Bei Lebermoosen ist sie an Lunularia und Anthoceros beobachtet worden, dessgleichen bei Equisetaceen, Lycopodiaceen und Farn. Bei phanerogamen Pflanzen ist sie beinahe überall unter günstigen Umständen zu bemerken.

Diese Art von Saftströmung geht von einer grösseren Protoplasmamasse, in welcher sich das Kernbläschen befindet, aus, und zu derselben wieder zurück, nachdem die einzelnen Strömchen an der Zellwand umkehrten, so dass diese füglich das Centrum der Saftcirculation genannt zu werden verdient. Diese Masse nimmt entweder die Mitte der Zelle ein, oder sie ist excentrisch, oder wohl gar an der Wand der Zelle anliegend, was jedoch für die Form der Strömung selbst von ausserwesentlichem Einflusse ist. Das Kernbläschen wird nur selten und ausnahmsweise in den Saftstrom gezogen.

Die Schnelligkeit der Bewegung ist von H. v. Mohl (Botan. Zeit. 1846. p. 92) bei Tradescantia für die Secunde im Mittel auf $^1/_{500}'''$, in den Brennhaaren von Urtica baccifera auf $^1/_{750}'''$, in den Haaren von Cucurbita Pepo auf $^1/_{1857}'''$ bestimmt worden. Im Jugendzustande der Zellen, wo das Protoplasma mit dem in demselben befindlichen Kernbläschen noch den Inhalt der Zelle ganz oder doch zum grössten Theil erfüllt, ist eine Saftbewegung noch nicht bemerkbar. Erst nachdem sich im Verlaufe des Wachsthums die Zelle nach und nach vergrössert, nachdem ausser dem Protoplasma noch eine Zellflüssigkeit anderer Art auftritt, und die in dem ersteren gebildeten Vacuolen erfüllt, lassen sich die ersten Spuren der Bewegung im Protoplasma wahrnehmen. Das mit dem Zusammenfliessen der vergrösserten Vacuolen relativ sparsamere Protoplasma verbindet endlich die centrale mit der an dem Primordialschlauche anliegenden Masse nur mehr in schmalen, einfachen oder verzweigten fadenförmigen Partien, in welchen jedoch die Strömung um so deutlicher hervortritt, wesshalb dieselben auch Strömungsfäden genannt wurden.

In den Strömungsfäden *(Fig. 113)* ist die Bewegung vorzüglich nur durch die der homogenen Masse beigemengten Körnchen von verschiedener Lichtbrechung erkennbar, sie lässt sich jedoch auch noch dort wahrnehmen, wo diese Körner fehlen. Die in dem Zellsafte aufgelösten Farbestoffe, welche dem Protoplasma stets mangeln, lassen dasselbe um so deutlicher hervortreten, wie das in den

Fig. 113.



Fig. 113. Zwei Zellen aus den jungen Samenlappen von *Juglans regia* im Zusammenhange. Von der centralen Protoplasmamasse, in welcher sich das Kernbläschen befindet, gehen die einfachen und verzweigten Strömungsfäden nach der Zellwand. In jedem derselben zeigen sich vor- und rückwärts gehende Strömungen. Vergr. $^{330}/_1$.

Staubfädenhaaren der Tradescantia virginica, in den Zellen des Labellum von Orchis militaris u. s. w. Statt findet.

Die Strömungsfäden sind nie scharf begrenzt, erweitern und verengern sich fortwährend, je nachdem sich die strömende Flüssigkeit stellenweise vermehrt oder vermindert, ja man sieht sie nicht selten neue Bahnen brechen, so dass dadurch ihre Gestalt in einer beständigen Veränderung begriffen ist. Im Ganzen bilden alle einfachen und verzweigten Fäden ein zusammenhängendes System, das durch vielfache Anastomosen unter sich und mit der centralen Masse in Verbindung steht. Wenn in diesem Systeme centrifugale und centripetale Bewegung in der Regel nur an verschiedenen Fäden vor sich geht, so bemerkt man dennoch nicht selten, dass an einem und demselben Strömungsfaden beide Richtungen sich ungestört begegnen.

Die Staubfädenhaare von Tradescantia-Arten lassen die Strömungsfäden und ihre Vertheilung, ja selbst ihre merkwürdigen Kreuzungen am ausgezeichnetsten und deutlichsten wahrnehmen. Gute und deutliche Beispiele geben auch Zellen aus dem jungen Fruchtknoten von Circaea, Oenothera muricata u. s. w.

Göppert und Cohn, Ueber die Rotation des Zellinhaltes in Nitella flexilis. Bot. Zeit. 1849. Stk. 37—40.

A. Braun, Ueber die Richtungsverhältnisse der Saftströme in den Zellen der Characeen. Monatsbericht der kön. Akad. d. Wissensch. 1852.

§. 149. Die nächste Ursache der Saftbewegung in den Zellen kann weder in der Diasmose noch in der Einwirkung des Kernbläschens auf den Zellinhalt, noch in irgend einer mechanischen Einrichtung, wie z. B. in Flimmorganen u. s. w. gesucht werden, sondern sie liegt vielmehr in der Beschaffenheit des sich bewegenden Protoplasma, welches als ein vorzugsweise stickstoffhältiger Körper nach Art jener einfachen contractilen thierischen Substanz, welche man Sarcode nennt, in der Form einer

rhythmisch fortschreitenden Contraction und Expansion in die Erscheinung tritt.

Wenn man die Schnelligkeit, womit unter günstigen Umständen die Saftbewegung erscheint, die Kraft, womit Hindernisse der Bewegung überwunden werden, und die Umstände, die dabei von Wirksamkeit oder ohne Erfolg sind, betrachtet, so kann man die Ursache der Bewegung weder in der stets langsam vor sich gehenden Diasmose (indem sie auch bei Einwirkung von concentrirter Zucker- oder Gummilösung, Eiweiss, Milch u. s. w., ja selbst bei theilweiser Umgebung von Luft erfolgt) noch in der eben so langsamen chemischen Einwirkung des Zellkerns auf den Zellinhalt, noch in irgend einem polaren Verhältnisse erregter Thätigkeiten zu suchen veranlasst werden. Am nächsten liegt es noch, die Ursache der Saftbewegung einer Wimperbewegung zuzuschreiben; aber wo sollen sich diese befinden? An der innern Wand der Zellen, oder wenn diese mit Chlorophyllkörnern bekleidet ist, an den letzteren? Die sorgfältigste Untersuchung hat mir und Andern keine Spur davon erkennen lassen. Und dann würde dadurch wohl nur die rotatorische, keineswegs aber die circulirende Saftbewegung zu erklären sein, für welche in den membranlosen Strömungsfäden doch wohl keine Wimpern angenommen werden können. Betrachtet man aber den sich bewegenden Zellsaft selbst, so deutet Alles darauf hin, in ihm selbst das Vermögen der Ortsveränderung zu suchen.

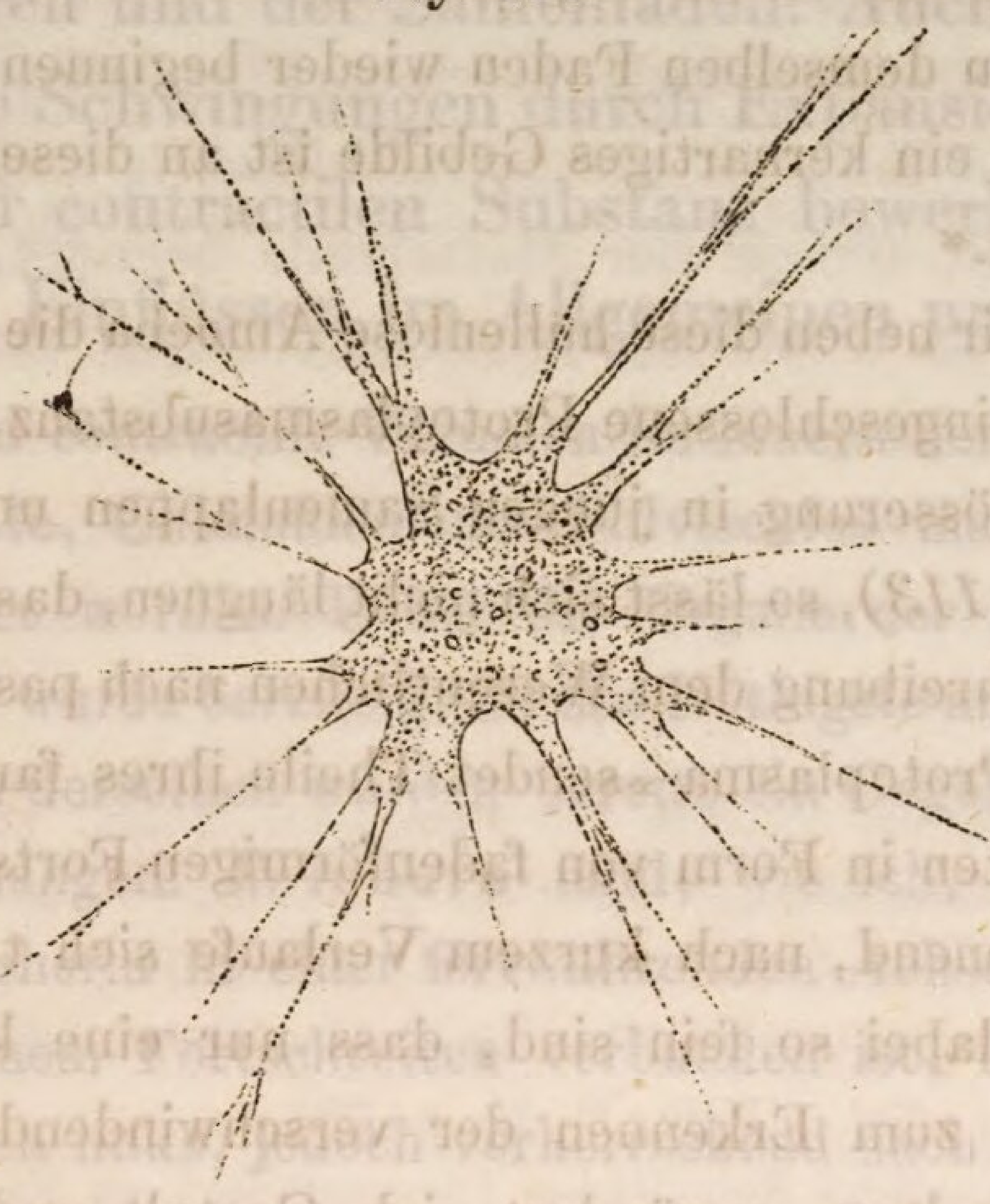
Vor allem ist es auffallend, dass nur ein Theil des flüssigen Zellinhaltes eine Saftbewegung zeigt, der andere Theil sammt allen festen Körperchen sich dabei ganz und gar passiv verhalten. Selbst bei der rotatorischen Bewegung lassen sich Haupt- und Seitenströme erkennen, so dass man auch hier eine bewegte und eine ruhende, oder an der Bewegung nicht activ theilnehmende Saftmasse unterscheiden muss. Es ist ferner sehr leicht bemerkbar, dass, obgleich beide Saftmassen fortwährend mit einander in Berührung sind, eine Vermischung, ja nicht einmal eine Vermen-

gung beider Statt findet. Die Selbstständigkeit und die Unveränderlichkeit der gekörnten Säftemasse tritt selbst dann noch hervor, wenn der übrige Zellinhalt, ja selbst die Zellmembran theilweise Veränderungen und Zersetzungen erfahren hat, wie diess in alten Blättern von Vallisneria spiralis zu erkennen ist. Betrachtet man die Bewegung der Protoplasmasubstanz in ihrer normalen Form, so verhält sie sich ganz wie eine in fortschreitender Contraction und Expansion befindliche Substanz, sie erscheint sanft undulirend, wo keine Hindernisse vorhanden sind, hingegen in mächtigen Wellen aufgethürmt bei zu überwindenden Hemmnissen. Reize minderer Art, wie Wärme, Elektricität, chemische Agentien, wirken erregend auf den Saftstrom.

Alles diess deutet darauf hin, dass das Protoplasma nicht als eine Flüssigkeit, sondern als eine halbflüssige contractile Substanz angesehen werden müsse, die der thierischen Sarcode zunächst vergleichbar ist, wo nicht gar als identisch mit dieser zusammenfällt.

Vergleicht man die Sarcodesubstanz niederer Thiere, namentlich der Rhizopoden, mit dem Protoplasma, wie es sich in den Pflanzenzellen in der Regel darstellt, so wird man durch die Uebereinstimmung beider in Form, Beschaffenheit und Wirksamkeit in der That sehr überrascht. M. S. Schultze in seinem vortrefflichen Werke »Ueber den Organismus der Polythalamien u. s. w.« sagt S. 8: »Im adriatischen Meere fand ich eine Amoeba, welche von den bekannten Arten des süssen und salzigen Wassers durch die ausserordentliche Dehnbarkeit und lebhafte Beweglichkeit der contractilen Körpersubstanz unterschieden ist, Amoeba porrecta mihi *(Fig. 114)*. Dieselbe sendet Theile ihres farblosen Körpers nach allen Seiten in Form von fadenförmigen Fortsätzen aus, welche breit beginnend, nach kurzem Verlaufe sich theilen und verästeln, eine Länge annehmen, welche die des Körpers um das 8—10fache übersteigt, und dabei so fein sind, dass nur eine klare 400malige Vergrösserung zum Erkennen der verschwindenden Enden ausreicht. Jeden Augenblick verändert sich Gestalt und Aus-

Fig. 114.



dehnung des Körpers, je nachdem die fliessende Substanz desselben hier- und dorthin Aeste treibt. Berühren sich zwei oder mehrere dieser fadenförmigen Verlängerungen des Körpers, so fliessen sie unter einander zusammen, bilden breitere Platten oder netzförmige Maschen, die im fortwährenden Wechsel der Gestalt entweder wieder zurückgezogen werden in den allen gemeinsamen mütterlichen Boden, oder sich durch neuen Zufluss so vergrössern, bis schliesslich der ganze Körper an ihre Stelle getreten ist. Ein stetes Strömen der in der contractilen Körpersubstanz eingebetteten Körnchen begleitet alle diese Erscheinungen, und die Richtung dieser Ströme ist in jedem der fadenförmigen Fortsätze eine doppelte. An der einen Seite sieht man die Kügelchen dem Ende des Fortsatzes zulaufen, die in einzelnen Intervallen erscheinenden grösseren Körnchen kann man leicht bis an das Ende des Fortsatzes verfolgen, hier kehren sie um und nähern sich in gleichmässig schneller Bewegung wieder der Basis des Fadens, an welcher angekommen, sie sich in dem Körper verlieren, wenn

Fig. 114. Eine Copie der Fig. 18 auf Tafel VII. Vergr. $^{330}/_{1}$.

sie nicht gleich von einem begegnenden Strome erfasst, denselben Kreislauf oft an demselben Faden wieder beginnen. Eine contractile Blase oder ein kernartiges Gebilde ist an dieser Amoeba nicht wahrzunehmen.«

Stellen wir neben diese hüllenlose Amoeba die in einem Cellulosehäuschen eingeschlossene Protoplasmasubstanz, wie sie sich in gleicher Vergrösserung in jungen Samenlappen unserer Wallnuss darbietet *(Fig. 113)*, so lässt sich nicht läugnen, dass auch auf diese die obige Beschreibung dem Wesentlichen nach passt. Die Körpersubstanz des Protoplasma »sendet Theile ihres farblosen Körpers nach allen Seiten in Form von fadenförmigen Fortsätzen aus, welche breit beginnend, nach kurzem Verlaufe sich theilen und verästeln,« und dabei so fein sind, dass nur eine klare 400malige Vergrösserung zum Erkennen der verschwindenden Enden ausreicht. Nicht selten »verändert sich Gestalt und Aussehen des Körpers, je nachdem die fliessende Substanz hier- und dorthin Aeste treibt.« »Ein stetes Strömen der in der Körpersubstanz eingebetteten Körnchen begleitet alle diese Erscheinungen und die Richtung dieser Ströme ist in jedem der fadenförmigen Fortsätze eine doppelte. An der einen Seite sieht man die Kügelchen dem Ende des Fortsatzes zulaufen — hier kehren sie um und nähern sich in gleichmässig schneller Bewegung wieder der Basis des Fadens, an welcher angekommen, sie sich in dem Körper verlieren, wenn sie nicht gleich von einem begegnenden Strom erfasst, denselben Kreislauf oft an demselben Faden wieder beginnen.« Ein kernartiges Gebilde ist in der Körpersubstanz stets vorhanden!

F. Unger, Ueber Saftbewegung in den Zellen von Vallisneria spiralis Lin. Sitzungsber. der kais. Akad. d. Wissensch. VIII. p. 32.

§. 150. Von ähnlicher Art sind die Bewegungserscheinungen im Inneren mancher Pflanzenzellen als ein Pulsiren eines Hohlraumes, so wie jene, welche durch eigene Organe — durch Flimmerhaare und Flimmerfäden — hervorgebracht sind, die Bewegungen der

Schwärmsporen und der Samenfäden. Auch im letztern Falle sind die Schwingungen durch Expansion und Contractionen der contractilen Substanz bewerkstelligt und von äusseren Einflüssen im Allgemeinen unabhängig.

Bisher sind contractile Vacuolen im Innern der Zellen nur bei Gonium pectorale, Chlamidomonas Pulvisculus und Volvox globator beobachtet worden. Ueber die Organe der Bewegung der Schwärmsporen wurde bereits §. 30 das Nöthigste angeführt. Auch die Bewegungen derselben wurden bereits ein Gegenstand sorgfältiger Untersuchungen. Wichura fand, wie ich, die Schwärmsporen der Vaucheria in einer fortwährenden Achsendrehung, die zugleich mit einem Fortschreiten verbunden ist, und bald nach rechts, bald nach links, jedoch vorherrschend nach rechts (objectiv) gerichtet ist.

Ich habe die Schnelligkeit der fortschreitenden Bewegung aus vielfachen Beobachtungen für 1 Zoll Länge auf 63—65 Secunden gefunden, woraus hervorgeht, dass diese Spore, die durchschnittlich einen Längendurchmesser von $^1/_{13}'''$ besitzt, in einer Secunde in ihrer Bewegung einen Weg zurücklegt, der ihre Länge $2^1/_2$mal übertrifft, was für eine sehr rasche Bewegung spricht, da der Mensch im Gehen in derselben Zeit kaum mehr als die Hälfte seiner Länge macht.

In den Antheridien der Charen, der Moose, Lebermoose u. s. w. kommen Zellen vor, die mit einem Kernbläschen versehen sind, nach dessen Auflösung das Protoplasma zuerst Vacuolen hervorbringt, worauf dann die Bildung einer blasigen, mit einem langen spindelförmigen Fortsatze versehenen Zelle (des Samenfadens) eingeleitet wird. Der Körper dieser Zelle, so wie ihr Anhang, sind anfänglich in einer $1^1/_2$ bis 3 Windungen betragenden Spirale zusammengewunden. Nach Auflösung der Membran der Mutterzelle tritt der Samenfaden heraus, wickelt sich schraubenzieherförmig auf, und bewegt sich um seine Achse drehend sehr rasch vorwärts, wozu der spitzige Endtheil mit zwei sehr langen und feinen Flim-

merfäden versehen ist. Bei den Equisetaceen, Farn u. s. w. ersetzen dieselben ganze Büschel kleiner Flimmerhaare (*Fig. 16*). Aber schon zur Zeit, als die Spiralfadenzelle noch in eine Ebene zusammengerollt sich in der Mutterzelle befindet, finden Bewegungen Statt, die jedoch nur Achsendrehungen sind. Die Schnelligkeit der Bewegungen dieser Zellen, die mit den Spermatozoen der Thiere allerdings einige Aehnlichkeit haben, sind, wenn sie frei werden, ausserordentlich rasch und dauern, wie mir scheint, viel länger als die der Schwärmsporen an.

F. Unger, Ueber die Anthere von Sphagnum. Flora, 1834. Nr. 10.

Idem, Neuere Beobachtungen über die Moosanthere und ihre Samenthierchen. Nova Acta Acad. n. cur. Vol. XVIII. P. II. p. 687.

Idem, Weitere Beobachtungen über die Samenthiere der Pflanzen. Nova Acta Acad. n. cur. Vol. XVIII. P. II. p. 787.

C. Nägeli, Bewegliche Spiralfäden (Samenfäden) an Farn. Zeitschrift für wissensch. Botanik. I. 1. p. 168.

G. Thuret, Note sur l'anthère du Chara et les animalcules qu'elle renferme. Ann. d. scienc. nat. XIV. (1840) p. 65.

G. Mettenius, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der beweglichen Spiralfasern. Botan. Zeit. 1845. p. 18.

G. Thuret, Recherches sur les Zoospores des Algues et les Anthéridies des Cryptogames. Ann. d. scienc. nat. 3. Sér. T. XIV. et XVI. 1851.

§. 151. Das Leben der Zelle ist von sehr verschiedener Dauer. Am kürzesten ist es bei den sich fortpflanzenden Zellen (Fortpflanzungszellen), bei weitem länger in allen anderen Zellen, denen diese Bestimmung mangelt (Dauerzellen). Während die ersten Entwicklungszustände rasch durchlaufen werden, tritt eine längere Periode, die der Secretionen ein, in welcher durch chemische Wechselwirkung eine nicht unbedeutende Menge verschiedenartiger Verbindungen erzeugt werden. Ihre Anhäufung macht die Endosmose unmöglich, und es treten nach und nach Zersetzungen ein, die mit dem

Aufhören aller Lebenserscheinungen enden. Auf kürzerem Wege findet die Zelle durch Resorption der Zellwand oder durch mechanische Zerreissung ihren Tod.

Wo die chemische Thätigkeit mit der Consumtion des gesammten Inhaltes der Zelle endet und dafür Luftsecretion eintritt, führt dieselbe nur ein Scheinleben. In diesem Falle befinden sich häufig die innersten (Mark-) und die äussersten (Rinden-) Zellen. In anderen Fällen ist die Lebensthätigkeit durch Unterbrechung der nöthigsten Lebensbedingungen nur gehemmt und unterbrochen, d. i. auf ein Minimum reducirt, und tritt wieder hervor, sobald jene Hindernisse entfernt sind. Auf diese Weise erleiden die Zellen vieler Moose und Flechten während des Sommers, die Zellen anderer Pflanzen während des Winters unserer und während der trockenen Jahreszeit der Tropengegenden eine Unterbrechung. Die Hygroskopicität der Zellwand verhindert in vielen Fällen den Tod der Zelle.

Eine vollständige Resorption findet nur an Mutterzellen Statt, eine theilweise erfolgt bei Bildung der Fusionsorgane. Den grössten Schutz und das sicherste Erhaltungsmittel bilden die Verdickungsschichten der Zellmembran, wodurch ihr eigentliches sowohl als ihr Scheinleben sich auf Jahrhunderte auszudehnen im Stande ist.

Mit dem Tode der Zelle ist jedoch weder das Spiel chemischer noch das der physikalischen Thätigkeit beendet. Es bilden sich durch Einwirkung des Sauerstoffes der Luft eigenthümliche Producte, die jedoch nicht mehr dem Leben angehören, und eben so nimmt selbst die abgestorbene Zellmembran durch ihre Hygroskopicität an manchen Bewegungserscheinungen Antheil.

III. Hauptstück.

Thätigkeitserscheinungen der Pflanze als zusammengesetzter Organismus.

I. Abschnitt.

Von der Aufnahme flüssiger Nahrung.

§. 152. Sobald sich die Zelle durch Fortpflanzung vervielfältigt hat, entsteht in dem Falle, als die erzeugten Zellen unter sich zusammenhängen und ihre Individualität erhalten, eine Vielheit von Zellen, ein Gewebe. Alle Thätigkeitserscheinungen derselben müssen dadurch nothwendig Modificationen erleiden. Noch mehr ist diess bei den Fusionen der Fall, wo die Selbstständigkeit des Elementarorganes beinahe verschwindet. Ernährung und Fortpflanzung werden hiebei nicht blos auf bestimmte Regionen der Pflanze vertheilt, sondern selbst die einzelnen Vorgänge dieser Prozesse erhalten ihre eigenthümlichen Organe und sind auf gewisse Gruppen von Zellen u. s. w. beschränkt. Die Fortpflanzung der Zelle erscheint zugleich als ein Moment der Vergrösserung (Ernährung) des Ganzen.

Je einfacher die Pflanze organisirt ist, desto mehr sind sämmtliche Functionen noch jeder einzelnen Zelle eigen. Bei Vergrösserung und Complication des Baues verlieren sie eine Function um die andere, welche dann mehr oder minder ausschliesslich gewissen Gruppen übertragen wird, die dadurch eine ganz specielle Aufgabe für den Gesammtorganismus erhalten. So ist z. B. die Function der Einsaugung und der Nahrungsaufnahme überhaupt den Zellen der Wurzel, die Function der Assimilation vorzugsweise jenen des

Blattes überantwortet. Mit der Verbindung der Zellen unter einander tritt die Nothwendigkeit der Saftleitung ein, wofür sich eigene Zellreihen ganz besonders ausbilden.

Eine Zelle in Verbindung mit andern ist zum Theile oder ganz von der unmittelbaren Berührung der ernährenden Flüssigkeit abgeschlossen, und kann nur in einem gewissen Grade assimilirte Stoffe erhalten. Ein für die Endosmose günstiges Verhältniss stellt sich jedoch immer gleich her, da die von der Quelle der Aufnahme entfernten Zellen selbst unter den ungünstigsten Umständen ein dem Grade der Entfernung entsprechendes Verhältniss der Concentration ihrer Säfte erhalten. Es wird also die Ernährung der Gewebe nicht durch Zuführung von rohen, sondern durch Mittheilung bereits verähnlichten Nahrungsstoffes bewerkstelligt. In jenen Fällen, wo Reihen von Zellen sich zu Fusionsgebilden verwandeln, erfolgt die Mittheilung derselben auch auf die schnellste Weise durch jene canalartigen Bildungen (Spiroiden); diess zusammen gibt eine allgemeine Flüssigkeitsbewegung in den Pflanzen.

Bei den meisten Pflanzen tritt ein Theil des Zellgewebes mit der atmosphärischen Luft in Berührung; auch daraus erwachsen für die übrigen Zellen eigene Modificationen ihrer Thätigkeit. Vor allem ist die Verdünstung des Wassers hervorzuheben, welche hier so wie überall von der Temperatur und dem Feuchtigkeitszustande der Luft abhängig ist, und fortwährend eine stärkere Concentration der Zellflüssigkeit verursacht, was wieder auf die Endosmose fördernd einwirkt und ein Nachströmen der Zellflüssigkeit nach jenen Theilen herbeiführt.

Die mit dem Wasser von aussen aufgenommenen Lösungen von Salzen werden von Zelle zu Zelle geführt, und müssen sich dort nothwendig in grösserer Menge ansammeln, wo die Verdünstung erfolgt, da nur ein geringer Theil derselben mit den Wasserdünsten mechanisch fortgerissen werden kann. Bei der Verbrennung zeigen daher alle peripherischen der Luft ausgesetzten Pflanzentheile mehr anorganische Stoffe (einen grösseren Aschengehalt) als die übrigen.

Auch die der atmosphärischen Luft constant beigemengten Gase, als Kohlensäure, Ammoniak und Wasserdunst, so wie die Bestandtheile der Luft selbst, können nicht ohne Einfluss auf die ihnen exponirten Zellen bleiben, und müssen je nach den in ihnen vor sich gehenden Prozessen entweder einen Austausch, eine Aufnahme oder Abgabe zur Folge haben, was wieder auf die Ernährung der übrigen mit ihnen verbundenen Zellen rückwirken muss.

Ganz dasselbe gilt auch für die Zelle als Fortpflanzungsorgan. Während bei einfachen Pflanzen jede Zelle sich fortzupflanzen im Stande ist, ist diese Thätigkeit bei höher organisirten Pflanzen nur auf gewisse Zellen beschränkt und allen übrigen nur mehr facultativ zugemessen. Auch in dieser Beziehung gestaltet sich die Function der Zelle immer specieller, ohne dass man in ihrer Form und in ihrem Baue auffallende diesen Lebensverrichtungen entsprechende Unterschiede gewahr wird.

§. 153. In der Vereinigung der Zellen und in der Wechselwirkung, in die sie nothwendig gegen einander treten müssen, sind ferner mehrere Eigenthümlichkeiten der Gewebe zu suchen, welche isolirten Zellen theilweise oder ganz fehlen. Dahin gehört die Ausscheidung von Intercellularsubstanz und der dadurch bewirkte Zusammenhalt der individualisirten Zellen, die Porenbildung in den secundären Zellschichten und die Entstehung von luftführenden Räumen. Auch die Fortpflanzung der Zellen zur Bildung von Geweben ist an gewisse Normen gebunden. Ueber erstere Puncte ist bereits das Ausführlichere in den §§. 74, 75, 95, 105 etc. mitgetheilt worden. Wir können uns daher hier in eine genauere Erörterung der Gesetze für die Fortpflanzung der Zellen zur Bildung der Gewebe einlassen und folgen diessfalls den Forschungen Nägeli's.

Nur durch die Fortpflanzungsfähigkeit der einzelnen Zellen können Gewebe von Zellen, d. i. jene nach gewissen Bestimmungen erfolgenden Anhäufungen von Elementarorganen entstehen, die wir gemeiniglich Pflanzen nennen. Da jede Pflanze aus einer einzelnen Zelle hervorgeht, so steht die ursprüngliche Zelle mit allen unmittelbar und mittelbar aus ihr entstandenen Zellen in genetischer Beziehung, und kann als die eigentliche Urmutterzelle betrachtet werden. Diese Beziehungen für alle in einem concreten Gewebe vereinigten Zellen zu erforschen, kann als das höchste Ziel für die Entwicklungsgeschichte eines Pflanzenindividuums angesehen werden, und muss auch für die exacte Erkenntniss der Formen die Grundzüge enthalten.

Im Allgemeinen können die aus einander hervorgehenden Zellen in Linien, in Flächen und in Körpern im engeren Sinne an einander gereiht sein, wodurch Zelllinien, Zellflächen und Zellkörper entstehen, die erstern bei weitem einfachere Formen als letztere darstellend. Im Zellkörper sind ferner kugelförmige, cylindrische, conische u. s. w. Formen den unregelmässigen Gestalten entgegengesetzt. Nach diesen verschiedenen Anreihungsweisen sind alle Pflanzen und Pflanzentheile zu betrachten.

Für die Werthbestimmung der in einem Complexe vereinigten Zellen sind daher folgende Verhältnisse zu berücksichtigen. Erstens das Verhältniss der Ordnung oder der Unterordnung. Zwei einander in allen Beziehungen gleiche Zellen können durch die Ordnung, d. i. durch die Stellung gegen einander verschieden sein. Man unterscheidet daher Zellen erster, zweiter, dritter u. s. w. Ordnung, und bezeichnet dieselben als primäre, secundäre, tertiäre u. s. w. Zelle (I, II, III u. s. w.). Zellen verschiedener Ordnungen vermehren sich auch nach verschiedenen Zellbildungsgesetzen. — Das zweite Verhältniss ist jenes des Grades oder des Verwandtschaftsgrades. Es wird damit der Schritt oder die Entfernung von der Achse bezeichnet, und derselbe durch eine Potenzzahl ausgedrückt (I^1 I^2 I^3 u. s. w.). Sind die aus einer Mutterzelle hervorgegangenen Tochterzellen nach Grösse und Lage einander gleich, also coor-

dinirt, so sind sie auch in Bezug auf die Ordnung der Mutterzelle gleich. — Das dritte Verhältniss endlich ist das der Generation, und wird durch Vorsetzung der Zahlen 1, 2, 3 u. s. w. bezeichnet, wie z. B. ${}_1I^1$ ${}_2I^1$ ${}_3I^1$.

Wird nach diesen Bestimmungen die ursprüngliche Mutterzelle primäre Zelle des ersten Grades genannt, I^1, so können die beiden durch Theilung aus ihr hervorgegangenen ungleichen Zellen nicht anders als primäre Zelle des zweiten Grades I^2, und erste secundäre Zelle ${}_1II$ zu benennen sein. Entwickeln sich aus der primären Zelle des zweiten Grades wieder zwei Tochterzellen, so wird die den Charakter der ursprünglichen Mutterzelle erhaltende Spitzenzelle als primäre Zelle dritten Grades (I^3) und die andere als zweite secundäre Zelle (${}_2II$) zu betrachten sein. Es wird daher bei fortgesetzter Theilung der Spitzenzelle die primäre Zelle des n^{ten} Grades (I^n), die primäre Zelle des $n+1^{ten}$ Grades (I^{n+1}) und die n^{te} secundäre Zelle (${}_nII$) erzeugen, was als allgemeines Gesetz ausgedrückt sich so formuliren lässt: $I^n = I^{n+1}\ {}_nII$. Entsteht aus dieser linearen Anordnung der Zellen eine Verzweigung, wie diess z. B. bei Cladophora der Fall ist, so kann dieselbe nur aus einer der secundären Zellen hervorgehen, in welchem Falle für die Bildung des Zweiges das gleiche Gesetz $II^n = II^{n+1} + {}_nIII$ gilt, eben so für Zweige zweiter Ordnung $III^n = III^{n+1}\ {}_nIV$ u. s. w.

Nach denselben Gesetzen erfolgt auch die Bildung von Flächen und Körpern, nur dass hier die Stellung der Scheidewände der Tochterzellen nicht senkrecht auf die Achse der Mutterzelle gerichtet ist, sondern diese in einen spitzen Winkel schneidet, und bei Bildung von Körpern dieselbe überdiess noch der Zellfläche parallel gehen muss.

Erfolgt dagegen die Stellung der Scheidewand der Achse parallel, so entstehen aus der Mutterzelle zwei neben einander liegende, nach Ordnung und Grad gleiche Tochterzellen, und es muss das Gesetz für diesen Fall ${}_mI^n = {}_{m+1}I^n + {}_{m+1}I^n$ ausgedrückt werden, wie z. B. in den Vorkeimachsen der Lebermoose u. s. w.

Andere Gesetze, wie ${}_{m}I^{1} = II^{1} + II^{1}$, wo aus der primären Zelle des m[ten] Grades zwei gleiche secundäre Zellen hervorgehen, scheinen nur auf wenige Fälle beschränkt zu sein.

Indem einzelne Zellen sich nicht mehr fortpflanzen, während die nebenstehenden Zellen diess Geschäft vollführen, entstehen neue Verhältnisse in der Anreihung der Zellen zu Geweben, und man hat demnach noch zwischen Dauerzellen und Mutterzellen zu unterscheiden. Der grösste Theil des Pflanzengewebes besteht aus Dauerzellen, und nur jene Theile, die noch im Wachsthume begriffen sind, besitzen ausserdem noch Mutterzellen. Auf diese Weise lässt sich in einem Zellgewebe der Werth jeder einzelnen Zelle bestimmen, sobald man ihre Entwicklungsgeschichte kennt. Je nachdem nun die erzeugten Zellen nach diesem oder jenem Gesetze gebildet sind, und in ihrer Fortpflanzung fortschreiten oder nicht, erlangt das Zellgewebe eine verschiedene räumliche Ausdehnung und Gestalt.

Im Allgemeinen lässt sich noch Folgendes feststellen:

1. Die primären Zellen dienen blos dazu, die Achse zu verlängern, die secundären, tertiären u. s. w., dieselbe in die Breite auszudehnen. Jede primäre Zelle ist ihrer Natur nach der ursprünglichen Mutterzelle (Spore, Eizelle) gleich.

2. Die secundären, tertiären u. s. w. Zellen theilen sich häufig nach einem andern Gesetze als die primären, auch können sie die Natur einer Zelle niederen Grades annehmen.

3. Alle Zellen, die sich nicht mehr theilen, werden Dauerzellen genannt. Diess trifft sowohl secundäre als tertiäre, quaternäre u. s. w. Zellen.

4. Theilen sich die secundären Zellen nicht mehr, so besteht die Achse blos aus secundären Zellen, mit einer primären Zelle an der Spitze. (Einfache Fäden, wie z. B. Oedogonium, Spirogyra u. s. w.)

5. Theilt sich die secundäre Zelle nicht, aber wächst sie seitlich zu einem Fortsatz aus, so bildet sich eine Astzelle, die zur

primären Zelle des ersten Grades einer neuen Achse wird. (Verästeter Faden, Cladophora, Keimfaden der Moose.)

6. Die primäre Zelle des n^{ten} Grades verwandelt sich durch einen andern Zellbildungsprozess in die primäre Zelle des ersten Grades einer neuen Bildungsstufe (die Endzelle der Brut- und Sporenkeimfäden der Moose, aus welchen sich die Stammachse entwickelt).

7. Die secundäre, tertiäre u. s. w. Zelle des n^{ten} Grades verwandelt sich in die primäre Zelle des ersten Grades einer neuen Bildungsstufe. (Einzelne Zellen der Blätter oder des Stämmchens der Moose, aus welcher Brutkeimfäden entstehen, ferner die Brutzellen der Lebermoose.)

8. Die Scheidewand ist der Achse parallel, oder schneidet sie in einen rechten oder spitzen Winkel. Sie alterniren bei der Blattachse und Laubachse mit einer Divergenz von 180^0, bei der Stammachse dagegen mit einer kleineren Divergenz (180^0—x). Bei einer Divergenz von 180^0, wobei die schiefe Scheidewand mit der nächst vorhergehenden Zelle zusammenstösst, entstehen flächenförmige, bei kleinerer Divergenz cylindrische Körper.

9. Oft tritt in den tertiären Zellen noch eine auf die Blattfläche senkrechte Bildung auf. Trifft sie mehrere in der Achse liegende senkrechte Zellreihen, so entsteht daraus ein Mittelnerv; trifft sie alle tertiären Zellen, so gibt diess der Blattfläche mehrere Zellschichten.

Indess sind die Gesetze, welche bei der Zellvermehrung herrschen, keineswegs die alleinigen Factoren, welche die Form des entstehenden Gewebes bestimmen. Hierauf hat noch das Wachsthum der einzelnen Elemente grossen Einfluss, und je nachdem diese eine grössere oder geringere Ausdehnung erfahren, gewinnt auch das Ganze diese oder jene Gestalt. Nicht immer ist die Richtung, in welcher die eine fortschreitet, auch die, welche die andere befolgt. So wie die einzelne Zelle durch Abschnürung ihre Tochterzelle individualisirt, geschieht diess auch bei den Geweben. Die auf was immer für eine Art entstandenen Zellen, welche sich von dem

Gesammtgewebe theils auf organische, theils auf mechanische Weise lostrennen, sind bestimmt, dasselbe fortzupflanzen, d. i. denselben Entwicklungsgang zu verfolgen. Hiebei sind die von aussen auf sie einwirkenden Umstände von Wichtigkeit und nicht selten im Stande, dem Entwicklungsgange eine bis auf eine gewisse Grenze differente Richtung zu geben.

C. Nägeli, Wachsthumsgeschichte von Delesseria Hypoglossum. Zeitschr. f. wiss. Bot. II. 1845.

Idem, Wachsthumsgeschichte der Laub- und Lebermoose. Zeitschr. f. wiss. Bot. II. 1845.

Idem, Polysiphonia und Herposiphonia. Zeitschr. f. wiss. Bot. III. IV. 1847.

Idem, Die neueren Algensysteme. 1849.

B. Wartmann, Beiträge zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Algengattung Lemanea. 1854. 4t. 4 Taf. St. Gallen.

§. 154. Die Pflanze ist nicht schlechthin ein Gewebe von Zellen, sondern eine Anhäufung von Zellen, welche nach bestimmten Gesetzen geordnet ist. Diese Gesetze sind es, welche der Pflanze eine von den übrigen organischen Körpern verschiedene Gestalt, welche ihr bestimmte Theile geben und an dieselben vorzugsweise gewisse Thätigkeiten knüpfen.

Diese Gesetze, von denen die äussere Begrenzung sowohl als die innere Vertheilung der Elementarorgane abhängt, sind uns mit Ausnahme der allereinfachsten Fälle noch gänzlich unbekannt. Wir kennen Pflanzen, die nur aus einer Zelle und aus einer Reihe von Zellen zusammengesetzt sind; ferner solche, deren Zellen in eine Fläche ausgebreitet sind; endlich solche, welche stereometrische Figuren darstellen.

In allen ist eine Anordnung der Elementartheile nach Haupt- und Nebenachsen zu bemerken. Ihre Ausdehnung, Stellung und gegenseitige Lage u. s. w. dürfen nebst den Zellbildungsgesetzen als die wichtigsten Factoren der Gestaltung angesehen werden. Die verschiedene Gruppirung der Zellmassen, ihre Sonderung zu ähn-

lichen Formen (Fortpflanzung) ist nothwendig auch mit einer Vertheilung verschiedener Wirksamkeit verknüpft, so dass also gewissen Abtheilungen oder Gruppen von Elementarorganen bestimmte Functionen vorzugsweise zukommen. Daraus entspringt morphologischerseits eine Verschiedenheit der Organe und in physiologischer Beziehung eine Differenz in den Thätigkeitserscheinungen.

§. 155. Da der Pflanze die Thätigkeit der Ortsveränderung im Allgemeinen mangelt, so ist es eine unerlässliche Bedingung ihrer Erhaltung, dass sie ihre Nahrung überall treffe.

Der Boden, in welchem die Pflanze wurzelt, die Luft, von der sie umgeben ist, das Wasser, in welches sie eingetaucht ist, müssen unversiegbare Quellen ihrer Nahrung enthalten, wenn ihr Leben bestehen soll.

Das Vermögen der Ortsveränderung ist nur einigen wenigen Pflanzen in gewissen Entwicklungsperioden eigen; alle übrigen Pflanzen bleiben für die ganze Zeit ihres Lebens an jenen Stellen haften, wo sie entstanden sind. Nur ausnahmsweise und in Folge äusserer Einwirkungen werden Dislocationen herbeigeführt. Beispiele von selbstständigen Ortsveränderungen liefern die Schwärmsporen und Samenfäden, von Ortsveränderungen durch äussere Agentien herbeigeführt, die Wanderungen der Pflanzen durch Samen, ihre Verbreitung durch Wind, Wasser, Thiere und Menschen.

§. 156. Die Stoffe, welche die Pflanze sich als Nahrung aneignet, werden von ihr nicht als einfache Stoffe, sondern als Verbindungen aufgenommen. Diese sind, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch bei weitem vorwaltend anorganischer Natur.

Die Nahrungsstoffe der Pflanze lassen sich leicht aus ihren Bestandtheilen folgern, da der Organismus keineswegs die Kraft

besitzt, auch nur ein Atom eines einfachen Körpers zu erzeugen oder einen in den andern überzuführen.

Die Analysen der Pflanzensubstanz haben folgende einfache Körper als Bestandtheile derselben nachgewiesen:

1. Sauerstoff, 2. Wasserstoff, 3. Kohlenstoff, 4. Stickstoff, 5. Chlor, 6. Brom, 7. Jod, 8. Fluor, 9. Schwefel, 10. Phosphor, 11. Silicium, 12. Kalium, 13. Natrium, 14. Calcium, 15. Magnium, 16. Aluminium, 17. Manganium, 18. Eisen, 19. Zink, 20. Kupfer.

Davon betragen für die wasserfreie Pflanzensubstanz die Alkalien, Erden und Metalloxyde nur 1—4%, selten bis 20%. Die Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff 66%. Das Wasser kann bis 90 und 95% in Pflanzentheilen vorhanden sein. Am wichtigsten hiebei ist die Frage, ob die Pflanze wie das Thier diese ihre Nahrungsstoffe und vorzüglich die letztern nur als organische Verbindungen aufzunehmen im Stande ist, oder ob sie mit der Fähigkeit ausgerüstet ist, aus anorganischen Verbindungen ihre nähern Bestandtheile darzustellen. Diese Frage wurde verschieden beantwortet, doch lässt sich aus folgenden Beobachtungen nicht schwer zu einer sicheren Schlussfolge gelangen.

Vor allem handelt es sich um den Ursprung des Kohlenstoffes in den Pflanzen; und hiebei tritt uns allenthalben die Wahrnehmung entgegen, dass selbst der unfruchtbarste Boden unter gewissen Bedingungen Pflanzen zu ernähren und sie mit der nöthigen Kohlenstoffmenge zu versehen im Stande ist. Auch ein Boden, der nicht gedüngt wird, d. i. auf den keine organischen Kohlenstoffverbindungen (humussaure Salze) gebracht werden, producirt dennoch fortwährend eine gewisse Kohlenstoffmenge in der Form von Pflanzensubstanz, die ihm ohne Beeinträchtigung seiner Ertragsfähigkeit abgenommen werden kann. Die Wüsten- und Steppenvegetation, die Forst- und Wiesenbewirthschaftung, der Ertrag der Alpenweiden u. s. w., bieten solche Beispiele zur Genüge dar.

Verfolgt man die Sache genauer, so stellt sich als unläugbare Thatsache heraus, dass gleiche Flächen des Bodens nahezu stets die gleiche Menge Kohlenstoff hervorbringen.

Ein Joch (6078 Quadratmeter) Wald liefert im Durchschnitte jährlich 6442 Pfund *) lufttrocknes Holz (Tannen, Birken, Föhren), welches 2254·70 Pf. Kohlenstoff enthält. Ein Joch Wiese liefert jährlich 6078 Pf. lufttrocknes Heu, welches 2693·16 Pf. Kohlenstoff enthält. Ein Joch Feld mit Runkelrüben bepflanzt liefert 43761 — 48624 Pf., welches 2275·60 Pf. Kohlenstoff enthält. Dasselbe Feld mit Roggen besäet liefert an Frucht 1945 Pf., an Stroh 4327 Pf., zusammen 6272 Pf., welche gleich sind 2480·61 Pf. Kohlenstoff. **)

Auch in anderer Beziehung kann in dem allerdings sehr kohlenstoffreichen Humus, d. i. in den humussauern Salzen, nicht die Quelle des Kohlenstoffgehaltes der Pflanzen gesucht werden, da dieselben ihrer Natur nach viel zu sparsam in die Pflanze gelangen können. Die meisten humussauern Verbindungen sind im Wasser schwer löslich. 1 Theil Humussäure bedarf zur Lösung 2500 Theile Wasser; auch das löslichste humussaure Salz, der humussaure Kalk, bedarf 2500 Theile Wasser zur Lösung. Im humussauern Kalke sind mit einem Theile Kalk 10·9 Theile Humussäure verbunden. Finden sich nun in der Jahresproduction von 1 Joch Wald, welche 6442 Pf. lufttrocknes Holz liefert, nicht mehr als 13·6 Pf. basische Metalloxyde ***), so könnten durch sie den Pflanzen nicht mehr als 148·24 Pf. Humussäure, somit nur

*) Ein Joch Niederwald liefert jährlich (im Durchschnitte von 25 Jahren 246 Centner Holz und eben so viel Abfälle (Früchte, Laub, Aeste). — Ein Joch Hochwald liefert 50 Ctr. Holz und 30 — 40 Ctr. Abfälle.

**) 100 Theile lufttrocknes Holz enthalten 35 Theile Kohlenstoff.

» » » Heu » 44 » »

» » » Stroh » 38 » »

» » » Korn » 43 » »

» » Runkelrüben

mit 89 89.5% Wasser und

10·5—11% fester Substanz { Zucker 8—9% = 42 » »

{ Zellgew. 2 2.5% = 47 » »

***) 100 Theile Humussäure enthalten 58 Theile Kohlenstoff.

85 Pf. Kohlenstoff zugeführt werden *), während jene Quantität Holz in der That 2254·70 Pf. Kohlenstoff enthält. Dasselbe gilt auch vom Getreideland. 1 Joch kann nur 140 Pf. Humussäure, d. i. 119 Pf. Kohlenstoff, aufnehmen, und doch producirt es der Erfahrung gemäss durchschnittlich 2480 Pf. Kohlenstoff.

Es lässt sich übrigens noch zeigen, dass die Regenmenge, welche auf 1 Joch Waldgrund fällt, viel zu gering ist, um die nöthige Quantität humussaurer Salze zu lösen, wodurch sie allein für die Pflanze zugänglich werden. Gesetzt aber auch, es werde statt den mit Humussäure verbundenen basischen Metalloxyden humussaures Ammoniak aufgenommen, und die Feuchtigkeit des Bodens ausser den meteorischen Niederschlägen auch noch auf andere Weise erhalten, so genügen die im Baden vorhandenen organischen Substanzen keineswegs, um auch nur auf eine geringe Reihe von Jahren eine spärliche Vegetation zu unterstützen. Ja man kann noch weiter gehen, und zeigen, dass jeder Boden, selbst wenn er gedüngt wird, nicht so viel Humus enthält, um den gewöhnlichen Kohlenstoffbedarf der Pflanzen zu decken.

Es kann daher, abgesehen von der Möglichkeit, dass humussaure Verbindungen durch Endosmose von den Zellen aufgenommen werden, kein Zweifel darüber entstehen, dass der zur Bildung der Pflanze wichtigste Stoff — der Kohlenstoff — nicht aus bereits organisirten Substanzen (Humus) hergenommen werde. In wie ferne jedoch eben dieselben dem Boden beigemischt seine Fruchtbarkeit erhöhen, ist eine andere Frage, welche später erörtert werden soll.

J. Liebig, Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1840.

§. 157. Die für das Bestehen der Pflanze wichtigsten Stoffe, der Kohlenstoff, der Wasserstoff, der Sauer-

*) 1000 Pfund lufttrocknes Tannenholz geben 4 Pfund reine Asche. In 100 Theilen Asche sind nach Abzug von Chlorcalium und schwefelsaurem Kali 53 Pf. basische Metalloxyde enthalten.

stoff und der Stickstoff werden von denselben, wenn nicht ausschliesslich so doch vorzugsweise, in der Form von Wasser, Kohlensäure und Ammoniak aufgenommen. Die Alkalien, Erden, Metalloxyde und Metalloide als lösliche Salze.

Unstreitig bildet das Wasser den nothwendigsten Nahrungsbedarf für die Pflanze, nicht blos, weil es unverändert als solches den grössten Antheil an der Bildung der Pflanzensubstanz nimmt, weil ferner seine Zersetzungsproducte in die Bildung der festen Bestandtheile derselben eingehen, sondern vorzüglich darum, weil es als Lösungsmittel das Vehikel bildet, wodurch ihr die meisten übrigen Nahrungsstoffe zugeführt werden. Bei der geringen Löslichkeit so vieler Salze, welche demungeachtet in grösserer Menge in der Pflanze angetroffen werden, ist die enorme Quantität Wassers, die sie zu ihrer Einführung nothwendig bedarf, von selbst begreiflich. Wo es daher auf der Erde an Wasser fehlt, wo die Menge desselben zu gering oder nur periodisch vorhanden ist, kann eine Vegetation nicht möglich und ihr Bestand nicht gesichert sein.

Nicht anders verhält es sich mit dem nächst wichtigsten Nahrungsmittel der Pflanze, der Kohlensäure, von deren allgemeiner Verbreitung nicht weniger die Pflanzendecke der Erde abhängig gedacht werden muss. Das umfangsreichste Reservoir der Kohlensäure ist die Atmosphäre, die, wenn sie auch nur eine ganz geringe Quantität derselben enthält, dennoch damit auslangen würde, den ganzen Kohlenstoffbedarf der lebenden und abgestorbenen, als Steinkohle u. s. w. erhaltenen Vegetation zu decken *). Reicher als die über dem Boden befindliche ist die zwi-

*) Dem Volumen nach beträgt der Kohlensäuregehalt der atmosphärischen Luft in Niederungen 0·000415—0·000390, auf Bergen 0·000594—0·000951, was im Mittel 0·04% ausmacht. Da 1000 Cubikmeter Kohlensäure 1·97563 Grm. (1·96663 Grm. Regnault) wiegen, und davon 27% Kohlenstoff sind, so finden sich in der gesammten Atmosphäre doch immer 3000 Billionen Pfund Kohlenstoff.

schen den Erdtheilchen vorhandene Luft an Kohlensäure. Sorgfältig ausgeführte Untersuchungen haben gezeigt, dass vom sandigen Unterboden bis zum frisch gedüngten Erdreich eine grosse Stufenfolge des Kohlensäuregehaltes ihrer Luft vorkommt, die von 0·24% bis 9·78% dem Volumen nach steigt, so wie überhaupt humusreicher Boden eine grössere Menge Luft als magerer Lehmboden enthält. Es kann daher der Boden als ein ausdauernder Verbrennungsort für alle in seinem Schoosse befindlichen und fortwährend dahin gelangten organischen Substanzen, ohne Zweifel als eine der stärksten und unversiegbarsten Quellen von Kohlensäure angesehen werden. Eben daher stammt auch der Kohlensäuregehalt aller Wässer, welche die oberflächlichen Schichten der Erde durchsickern, und nach der Oertlichkeit sich entweder zu stehenden Wässern ansammeln oder als fliessende Wässer tiefere Stellen suchen. Nicht gering ist endlich die Menge Kohlensäure zu schätzen, welche durch mannigfaltige vulcanische Prozesse stetig oder periodisch dem Erdinnern entströmt. Setzen wir noch zu allen dem die nicht geringe Menge von Kohlensäure, welche durch den Athmungsprozess der Menschen und Thiere fortwährend an die Luft abgegeben wird, und nach ungefährer Schätzung im Jahre 24750 Mill. Centner beträgt, und addiren wir hiezu noch die durch Verbrennungsprozesse erzeugte Kohlensäure, die jährlich gleichfalls 5500 Mill. Ctr. ausmacht, so ist es begreiflich, dass das Gleichgewicht in den Bestandtheilen der atmosphärischen Luft nothwendig gestört werden müsste, wenn nicht die Vegetation für einen steten Abgang Sorge tragen würde.

Alle stickstoffhältigen Bestandtheile der Pflanzen können nur aus Nahrungsmitteln hervorgehen, welche Stickstoff in ihrer Mischung haben. Die atmosphärische Luft, welche die Pflanze auf ihrer ganzen Oberfläche umgibt, und zum grössern Theil aus Stickstoff besteht, könnte wohl den Bedarf am leichtesten sicher stellen, wenn die Pflanze die Fähigkeit besässe, sich den Stickstoff aus einem Gemenge anzueignen. Die mit grösster Genauigkeit von Boussingault ausgeführten Versuche (§.175) haben gezeigt, dass

die Pflanzen ihren Stickstoffgehalt keineswegs dem Stickstoff der Atmosphäre zu verdanken haben, sondern dass Ammoniakverbindungen, seien dieselben in der Luft oder im Boden enthalten, als die einzige und ausschliessliche Quelle derselben angesehen werden müssen. Es führt diese Wahrnehmung dem zu Folge nothwendig auf eine sorgfältige Untersuchung der Vorkommnisse von Ammoniak, um über das Leben der Pflanze und ihr Gedeihen genaue Rechenschaft geben zu können.

So viel bis jetzt bekannt ist, bildet sich Ammoniak fortwährend in der atmosphärischen Luft, so dass es als fortwährender Bestandtheil derselben angesehen werden kann. Vom Regenwasser aufgenommen, welches $^1/_{300000}$ seines Gewichtes Ammoniak enthält, wird es dem Boden zugeführt, und findet sich daher auch in grösserer oder kleinerer Menge in allen fliessenden oder stagnirenden Wässern. Boussingault fand in einem Litre Wasser aus der Seine 0·00012 — 0·00016 Grm. Ammoniak, aus dem See von Enghien 0·00007 Grm., im Meerwasser bei Dieppe 0·00020 Grm., Im Quellwasser verschwindet es ganz, während es im Regen- und Schneewasser von 0·00178 bis 0·0032 Grm. steigt, ja in einem Falle sogar auf 0·01034 Grm. sich erhob. Dass Wasser in Canälen und schlechten Brunnen noch einen grössern Ammoniakgehalt haben, der bis 0·03435 geht, ist leicht begreiflich.

Aehnliche Verhältnisse hat die Luft der Ackererde gezeigt, welche nur 0·000032 — 0·0000132 Gewichtstheile Ammoniak lieferte, ungeachtet in der durch die Verwesung des Düngers und durch die Absorption und Condensirung der atmosphärischen Luft ein höherer Gehalt an Ammoniak zu vermuthen gewesen wäre.

Auch die für die meisten Pflanzen nothwendigen anorganischen Basen zur Neutralisirung der erzeugten Pflanzensäuren, so wie Schwefel und Phosphor zu den Proteïnverbindungen werden, nebst den Erden und Metalloxyden als mehr oder weniger überall verbreitet, im Zustande löslicher Salze von den Pflanzen aufgenommen. Am meisten verbreitet dürften die Kieselerde und Kalkerde, ferner die Bittererde und Kali sein, wesshalb wir sie auch

in den Aschen der meisten Pflanzen in grösserer oder geringerer Menge finden. Dass auch der für die Samenbildung so nothwendige Phosphor, wenn gleich in geringer Menge häufiger vorkommt, als man bisher geglaubt hat, beweisen die neueren, mit Sorgfalt angestellten Analysen von Bodenarten. — Obgleich die verschiedenen Pflanzen bald mehr diese, bald jene Base zu ihrer Constitution bedürfen, so ist doch auffallend, dass der Sauerstoffgehalt der letzteren in denselben sich so ziemlich gleich bleibt, woraus die Möglichkeit einer Substitution der Basen, und damit die Möglichkeit einer grössern Verbreitung der Pflanzen hervorgeht. In der That ist die Quantität der aufgenommenen Basen von der Sättigungscapacität der von den Pflanzen erzeugten Säuren abhängig; dessungeachtet geht das Stellvertreten der Basen nur bis auf einen gewissen Grad, denn es kann den Pflanzen, und namentlich Pflanzen einer gewissen Constitution, unmöglich gleichgiltig sein, ob dieses oder jenes Salz von dieser oder jener Eigenschaft daraus hervorgehe. Daher sehen wir auch z. B., dass kalkstete Pflanzen auf kalkerdefreiem Glimmerschiefer nicht gedeihen.

Boussingault et Léwy, Mémoire sur la composition de l'air confiné dans la terre végétale. Comptes rend. T. XXXV. p. 765.

Boussingault, Mémoire sur une méthode pour doser l'ammoniaque contenue dans les eaux. Comptes rend. T. XXXVI. p. 814.

F. Unger und F. Hruschauer, Beitrag zur Lehre von der Bodenstetigkeit. Denkschr. der k. Akademie der Wissensch. I.

§. 158. Alle Theile der Pflanze sind mit der Fähigkeit begabt, durch ihre ganze Oberfläche die im Wasser aufgelösten oder ihnen in gasförmiger Form dargebotenen Nahrungsstoffe aufzunehmen; ganz vorzüglich sind hiezu jedoch die Wurzeln geeignet, und zwar insbesonders die Spitze derselben, in so weit ihre oberflächliche Zellschichte noch nicht durch allmälig eintretende Auflösung zerstört ist. Um gasförmige Nah-

rungsstoffe aufzunehmen, sind die Wurzeln über ihrer Spitze häufig mit Haaren (Wurzelhaaren) versehen, oder sie sind wie die Luftwurzeln der Orchideen, Aroideen u. s. w. mit einer pergamentartigen Zellschichte überzogen.

Der mehr oder minder complicirte Bau der Pflanzen, die verschiedene Beschaffenheit des Mediums, in welchem sie leben, so wie die steten Veränderungen, welche in diesen Statt finden, können die Aufnahme der Nahrung unmöglich für alle Fälle an ein bestimmtes Organ geknüpft, sondern im Gegentheile vielmehr alle Theile derselben befähigt haben, als solche zu fungiren. Indess ist bei der Mehrzahl der Pflanzen dennoch ein Organ vorhanden, welches dem Geschäfte der Nahrungsaufnahme vorzugsweise vorsteht, und dieses ist die Wurzel. Durch das Fehlen der Wurzel wird die Aufnahme der Nahrung besonders modificirt. In diesem Falle befindet sich der grössere Theil der Zellpflanzen (Thallophyten), in denen das wurzelförmige Gebilde nur als Haftorgan dient, ferner der Keim im Samen und viele Schmarotzerpflanzen (Parasiten), die mit ihrem Stamme auf andern Pflanzen wie eingekeilt erscheinen (Rafflesia, Balanophora, Cynomorum, und zum Theil Viscum, Loranthus). In den beiden ersten Fällen wird durch die ganze Oberfläche der Pflanze die Nahrung aufgenommen, im letztern Falle ist das Stammende dazu geeignet. Bei manchen Keimen, selbst wenn sie noch im Samen eingeschlossen sind, verlängern sich zu diesem Zwecke die oberflächlichen Zellen in Form von Papillen, um sich der im Albumen bereiteten Nahrungsstoffe zu bemächtigen.

Aber auch jene Parasiten, welche ausgebildete Wurzeln besitzen, können durch dieselben nicht Nahrungsstoffe wie andere Pflanzen aus dem Boden aufnehmen. Die an denselben befindlichen Saugwärzchen sind eigens dazu eingerichtet, um sich nur bereits elaborirter Säfte zu bemächtigen. Beispiele geben Lathraea, Orobanche, Thesium u. s. w. Nur in den seltensten Fällen, wie bei

Rhinanthaceen, scheinen Wurzeln von zweifacher Art sich auch eine Nahrung von doppelter Beschaffenheit aneignen zu können.

Die Art und Weise der Verbindung der Parasiten mit der Nährpflanze ist daher sehr mannigfaltig und lässt eine Stufenverschiedenheit im Abhängigkeitsverhältnisse von derselben sehr wohl erkennen.

Da für die meisten Parasiten, mit Ausnahme dass sie beim Keimen an einer Pflanze leichter als an der andern haften können, die Beschaffenheit der Nährpflanze gleichgiltig ist *), so ist ersichtlich, dass von ihnen nur die noch wenig veränderten Nahrungsstoffe, welche in den meisten Pflanzen eine ziemlich gleiche Beschaffenheit haben mögen, keineswegs aber die aus demselben hervorgegangenen näheren Bestandtheile, am wenigsten aber die Secrete aufgenommen werden. Es zeigen diess am besten die mit Saugnäpfchen versehenen Wurzelzasern von Lathraea squamaria *(Fig. 115)*, die ihre Verbindungen stets nur mit dem rohen Nahrungssaft führenden Holzkörper der Nährpflanze unterhalten.

Fig. 115.



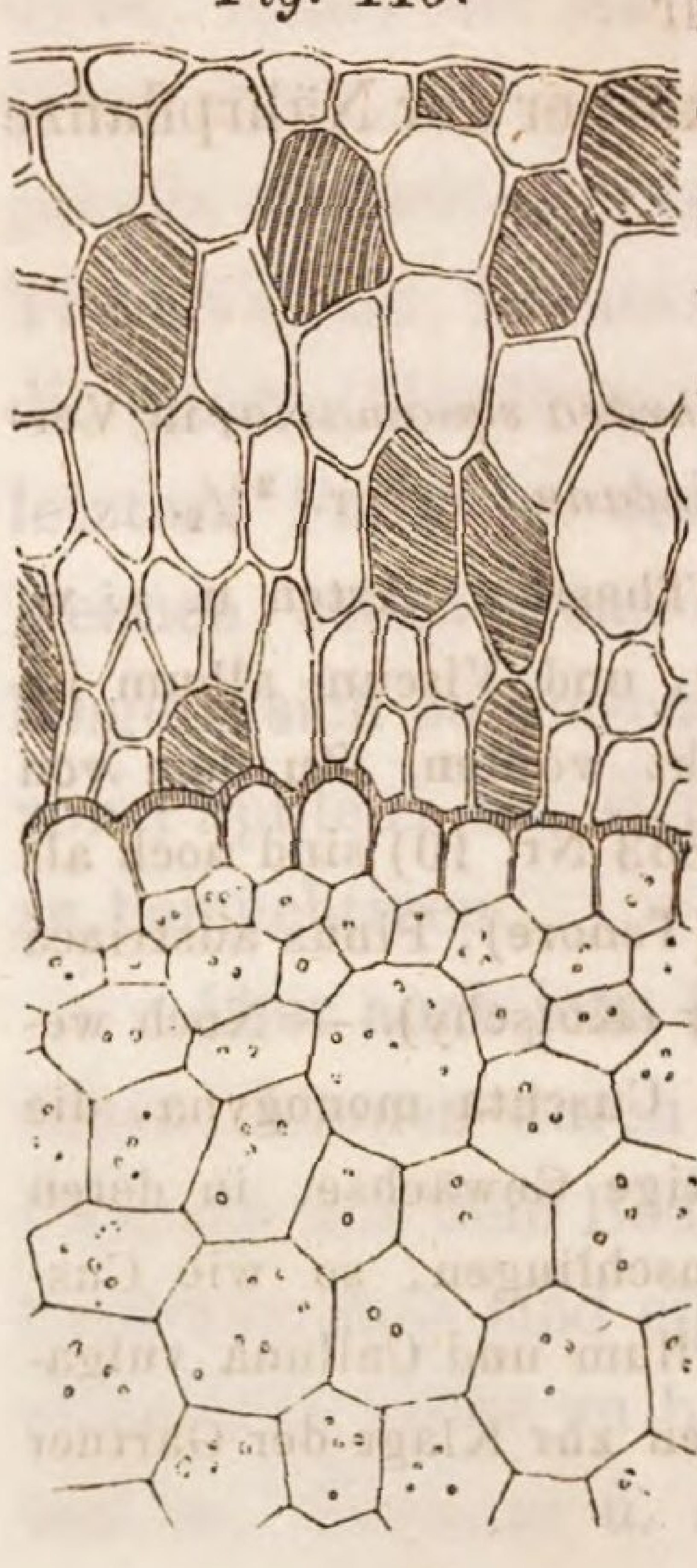
Fig. 115. Saugnäpfchen einer Wurzelzaser von *Lathraea squamaria*, in Verbindung mit einer Wurzel von *Alnus incana*. Vergr. $^{25}/_{1}$.

*) Lathraea squamaria, viele Orobanche- und Thesium-Arten u. s. w. kommen auf sehr verschiedenen Pflanzen vor, und Viscum album ist bereits auf 34 verschiedenen Bäumen entdeckt worden. Zu dem von Zuccarini gegebenen Verzeichnisse (Flora, 1833 Nr. 10) sind noch als Nährpflanzen hinzuzufügen: Castanea vesca (Tenore), Pinus austriaca (Neilreich) und Abies cilicica Ant. et Kotschy (Kotschy). — Noch weniger wählerisch sind Cuscuta europaea und Cuscuta monogyna, die sowohl krautartige als strauch- und baumartige Gewächse, in deren Nähe sie sich befinden, ohne Unterschied umschlingen, so wie Cuscuta epithymum, die sich von Thymus Serpyllum und Calluna vulgaris auf unsere Ericen und Diosmen der Gärten zur Klage der Gärtner verbreitete.

Aus den Untersuchungen von Fresenius und Will (Ann. d. Chemie u. Pharm. B. 50. p. 394) über das Holz des Apfelbaumes und der darauf wachsenden Mistel ersehen wir, dass letztere zwar dieselben Bestandtheile, wie die Nährpflanze, jedoch in ganz anderen Verhältnissen besitzt, und dieselben daher auf eine ganz selbstständige Weise aus den dargebotenen Säften verarbeitet. Auffallend ist der grosse Kali- und der geringe Kalkgehalt der Mistel, während das umgekehrte Verhältniss im Holze des Apfelbaumes Statt findet, noch mehr aber die enorme Menge an Phosphorsäure, von welcher sich verhältnissmässig nur eine geringe Quantität im Holze der Nährpflanze vorfindet, was darauf hindeutet, dass die Ausbildung der Mistel gleichsam als eine Fruchtbildung zu betrachten ist, die der Nährpflanze gleich jener vorzugsweise die phosphorsauren Salze entzieht. Sollte diess nicht auch von den übrigen Parasiten zu vermuthen sein?

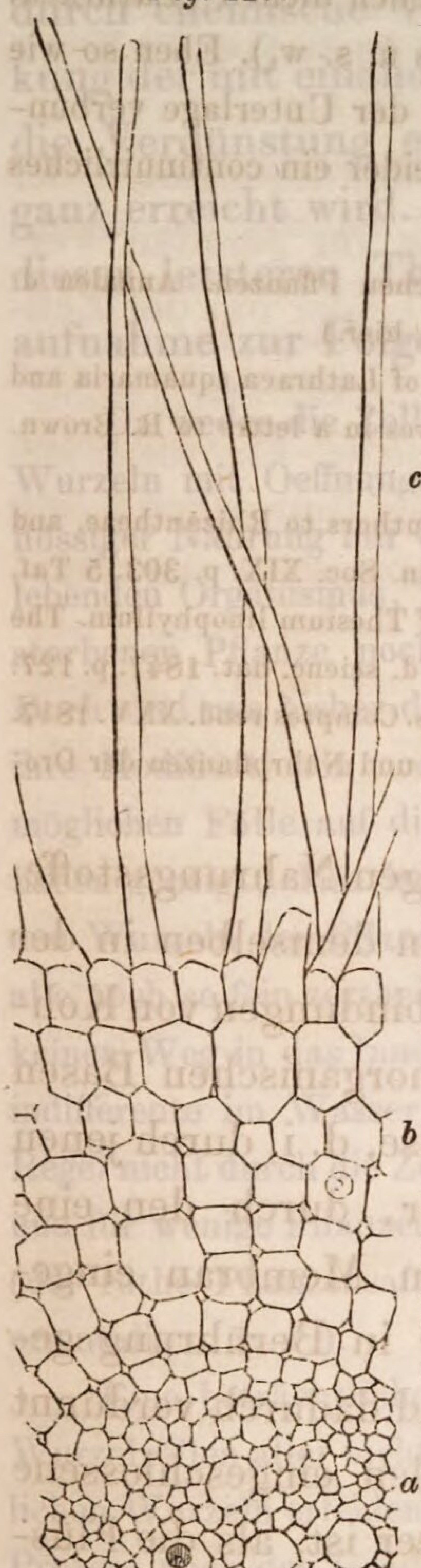
Als Aufsaugungsorgan ist die Wurzel höherer Pflanzen durch den Mangel der Epidermis und des Periderma ganz vorzüglich geeignet. Indess zeigt jeder einfache Versuch, dass es nur die jüngern Wurzeltheile mit Ausnahme der äussersten unter dem Namen Wurzelschwämmchen (spongiola radicalis) bekannten Spitzen sind, welche das Geschäft der Aufsaugung in einem für die Pflanze genügenden Masse besitzen.

Fig. 116.



Von der in der Erde oder im Wasser befindlichen Wurzel ist die Luftwurzel gänzlich verschieden, da sie nur mit luftförmigen Nahrungsstoffen in Berührung tritt und dabei von einem häufig in Bezug auf Wassergehalt sehr veränderlichen Medium umgeben ist. Die Luftwurzel ist daher an ihrer Oberfläche mehr geschützt, ohne zugleich für die Aufnahme von Wasserdunst undurchdringlich zu sein. Sie ist demzufolge mit einer mehrfachen Zellschichte von luftführenden Zellen,

Fig. 117.



die häufig Spiralfaserzellen sind, versehen (*Fig. 116*), und welche die Eigenschaft Wasserdunst zu condensiren, in einem hohen Grade besitzen. Eine 17 Zoll lange Luftwurzel von Epidendron elongatum in eine mit Wasserdünsten geschwängerte Luft gebracht, nahm in 24 Stunden mehr als den neunten Theil ihres Gewichtes an Wasser auf, wobei die sonst weisse Pergamentschichte eine grünliche Färbung (von den nun durchscheinigen inneren chlorophyllhaltigen Zellen) erhielt.

Andere Luftwurzeln sind zur Aufnahme der gasförmigen Nahrungsstoffe nicht mit einer schützenden Pergamenthülle versehen, sondern besitzen auch auf ihrer Oberfläche zarte dünnwandige Zellen eines lockeren Parenchymes, von welchem zahlreiche cylindrische Haare entspringen (*Fig. 117*).

Versuche haben gezeigt (Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. XII. p. 349), dass die Ernährung dieser Pflanze ausschliesslich durch luftförmige von den Haaren aufgenommene Nahrungsstoffe, unter welchen Wasserdunst den grössten Antheil hatte, bewerkstelliget werde. Auch bei den mit Wurzeln versehenen Parasiten ist die Fähigkeit der Aufnahme nur an bestimmte eigens dafür orga-

Fig. 117. Querschnitt einer Luftwurzel von *Spironema fragrans.* Den mittlern Gefässkörper *a* bilden langgestreckte engere und weitere Zellen mit neun, im Kreise gestellten, zuweilen verdoppelten einfachen Spiralgefässen. *b* Lockeres Rindenparenchym mit grossen Intercellulargängen. *c* Einfache Wurzelhaare aus der Verlängerung der Zellen der oberflächlichen Zellschichte hervorgehend.

nisirte Stellen gebunden, die als Saugwärzchen dienen (Lathraea, Cuscuta, Orobanche, Thesium, Rhinanthus u. s. w.). Eben so wie ihre Zellen auf das Innigste mit den Zellen der Unterlage verbunden sind, bilden auch die Gefässbündel beider ein continuirliches Röhrensystem.

F. Unger, Beiträge zur Kenntniss der parasitischen Pflanzen. Annalen d. Wiener Mus. II. 1840. (Die ältere Literatur hier.)

J. E. Bowman, On the parasitical Connection of Lathraea squamaria and the peculiar structure of the subterranean leaves in a lettre to R. Brown. Trans. Linn. Soc. XVI. p. 399. 2 Taf.

W. Griffith, On the root-parasites referred by Authors to Rhizantheae, and on various plants releted to them. Trans. Lin. Soc. XIX. p. 303. 5 Taf.

Wilh. Mitten, On the Economy of the Roots of Thesium linophyllum. The London Journ. of Botany. 1847. p. 146. Ann. d. scienc. nat. 1847. p. 127.

J. Decaisne, Sur le Parasitisme des Rhinanthacées. Comptes rend. XXV. 1847.

R. Caspary, Ueber Samen, Keimung, Specien und Nährpflanzen der Orobanchen. Flora, 1854. Nr. 37.

§. 159. Die Aufnahme der flüssigen Nahrungsstoffe, namentlich des Wassers, und der in demselben in der Regel in geringer Menge gelösten Verbindungen von Kohlensäure, Ammoniak und andern anorganischen Basen und Salzen geschieht durch Endosmose, d. i. durch jenen Act der Anziehung gelöster Körper, durch den eine consistentere, von einer organischen Membran eingeschlossene Flüssigkeit eine mit ihr in Berührung gebrachte, minder dichte aufnimmt und dadurch verdünnt wird. Da der von den Wurzelzellen eingeschlossene Zellsaft verhältnissmässig consistenter ist, als die Flüssigkeit, welche die Wurzel umgibt, so muss ein Eintreten derselben in die Zellen erfolgen und diess so lange andauern, bis das Gleichgewicht beider Flüssigkeiten hergestellt ist, welches jedoch bei den steten Veränderungen, welche die aufgenommene Flüssigkeit theils

durch chemische Vorgänge, theils durch Wechselwirkung der mit einander verbundenen Zellen, so wie durch die Verdünstung erleiden, im Leben der Pflanze nie ganz erreicht wird. Jedenfalls hat eine grössere Energie dieser letzteren Thätigkeit eine vermehrte Nahrungsaufnahme zur Folge.

Da weder die Zellen noch die aus Zellen zusammengesetzten Wurzeln mit Oeffnungen versehen sind, so kann die Aufnahme flüssiger Nahrung nur durch Endosmose Statt finden, wozu sich im lebenden Organismus, ja selbst in der theilweise oder ganz abgestorbenen Pflanze noch immer günstige Verhältnisse vorfinden. Doch sind uns bisher die allgemeinen Gesetze der Endosmose und ihre Modificationen noch viel zu wenig bekannt, um sie für alle möglichen Fälle auf die Pflanze anwenden zu können. Versuche haben gezeigt, dass in der That nur vollkommene Lösungen von den Wurzeln der Pflanze aufgenommen werden können, und dass alle noch so fein zertheilten Körper, wie z. B. fein zertheilte Kohle, keinen Weg in das Innere des Pflanzenorganismus finden. Ja selbst indifferente im Wasser gelöste Pflanzenfarbestoffe dringen in der Regel nicht durch die Zellmembran, und nur für wenige Farbestoffe und für wenige Pflanzen hat sich die Zellmembran wegsam gezeigt (der rothe Pflanzensaft der Phytolacca - Beeren für Hyacinthus orientalis u. s. w.).

Eine beträchtliche Abänderung der Endosmose müssen die Wurzelzellen aller nicht in Flüssigkeit, sondern in der Erde befindlichen Wurzeln erleiden, und es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Prozess nach den Graden der Feuchtigkeit derselben, die in den meisten Fällen höchst veränderlich ist, ganz verschieden vor sich geht. Sehen wir doch die Wurzeln der Landpflanzen bei anhaltender Trockenheit sich mit einem Haarfilze überziehen, der ihnen sonst fehlt, und dabei als wahre Luftwurzeln fungiren.

F. Unger, Ueber Aufnahme von Farbestoffen bei Pflanzen. Denkschr. der k. Akad. d. Wissensch. I.

F. Unger, Nachträgliches zu den Versuchen über Aufsaugung von Farbestoffen durch lebende Pflanzen. Sitzungsber. der k. Akad. der Wissenschaften. B. X. p. 117. (1853.)

§. 160. Die Kraft, welche bei der Endosmose der Wurzelzellen entwickelt wird, steht im geraden Verhältnisse zur Differenz der Sättigung beider mit der Zellmembran in Berührung gebrachter Flüssigkeiten, und ist daher eben so verschieden, als diese es sein kann, zeigt sich aber im Pflanzenorganismus hinreichend, um alle Erscheinungen, die aus der Aufsaugung der Flüssigkeiten hervorgehen, zu erklären.

Bei allen Landpflanzen ist der bei weitem grössere Theil der Pflanzensubstanz in steter Berührung mit der Luft, welche in grösserem oder geringerem Masse das in ihr enthaltene Wasser in Dunstform aufnimmt. In Folge dieses Wasserverlustes müssen die oberflächlichen Zellen concentrirtere Säfte erhalten und daher aus den nachbarlichen Zellen die ihnen nothwendige Flüssigkeit zu ersetzen suchen. Diess geht so durch das ganze Gewebe der Pflanze von oben und aussen nach innen und nach abwärts vor sich, bis es die Wurzelzellen zu einer entsprechenden Aufnahme von Flüssigkeit nöthigt. Das genaue Verhältniss der Aufnahme zur Ausscheidung wird später zur Sprache gebracht werden.

§. 161. Da es nur eine rein physikalische Kraft ist, welche die Wurzel mit Nahrung versorgt, so ist begreiflich, dass dieselbe keine Auswahl in den Nahrungsmitteln treffen kann, sondern Alles aufnehmen muss, was ihr den Gesetzen der Endosmose und der Beschaffenheit der Zellen nach zu Theil wird. Dabei werden unter den dargebotenen Stoffen allerdings einige in grösserer, andere in geringerer Menge absorbirt, allein es werden nicht selten auch solche Substanzen aufgenommen, welche

auf das Leben der Pflanze nachtheilig, d. i. als Gifte einwirken.

Die Versuche, welche man angestellt hat, um das Wahlvermögen der Pflanzen zu beweisen, zeigen allerdings, dass einige Stoffe mehr als andere, ja selbst wenn sie gleichzeitig in der Flüssigkeit vorhanden sind, von den Wurzeln aufgenommen werden. Die Wurzeln von Polygonium Persicaria, einer Pflanze, die sich für solche Versuche besonders eignet, haben nach Saussure (Rech. chém. sur la végét. p. 247) von 50 Theilen der in Wasser aufgelösten Substanzen nur einen geringen Theil aufgenommen und zwar von salzsaurem Kali 14.7 Theile, von Kochsalz 13, von salpetersaurem Kalk 4, von schwefelsaurem Kalk 14.4, von salzsaurem Ammoniak 12, von essigsaurem Kalk 8, von schwefelsaurem Kupfer 47 Theile, eben so von Gummi 9, von Zucker 29 und von Dammerdextract 5 Theile. Trinchinetti zeigte (Sulla facoltà assorbente delle radici), dass aus einer Mischung von salpetersaurem Kali und Chlornatrium die Wurzeln von Mercurialis annua und Chenopodium viride viel von dem erstern und wenig von dem letztern, dagegen die Wurzel von Satureja hortensis und Solanum Lycopersicum viel Chlornatrium und wenig salpetersaures Kali aufnahm. Eben so zeigte er, dass aus einer Mischung von Chlorammonium und Chlornatrium Vicia Faba viel vom letztern, Mercurialis annua aber viel von ersterem absorbirte.

Aber auch diese Thatsachen dürften ohne Zuhülferufung der Lebenskraft zu erklären sein, zumal wenn die Einwirkung der verschiedenen Körper auf die Zellwand, die Veränderungen des Zellinhaltes nach erfolgter Resorption, der Einfluss der Spannung der lebenden Zellmembran, und viele uns noch unbekannte Umstände in Beziehung auf die endosmotische Wirkung erforscht sein werden.

Noch sind wir weit entfernt, alle die Verbindungen zu kennen, welche die Pflanzen als Nahrung von aussen aufnehmen; noch weiter aber sind wir entfernt, jene, welche dieser oder jener Pflanzenart zuträglich oder nachtheilig sind, zu kennen. Wir entneh-

men diess meist nur aus dem Gedeihen oder aus dem Verkümmern und gänzlichen Missrathen solcher Gewächse, die zufällig oder absichtlich in dergleichen günstige oder ungünstige Verhältnisse des Bodens gelangen. Die Ursache liegt in diesem Falle in der für eine bestimmte Pflanzenart passenden Mischung der Nahrungsbestandtheile. So werden Bruchpflanzen nicht leicht in anderm, wenn auch hinlänglich feuchtem Boden, als in Torf- und Moorboden, gedeihen, ohne dass ihre Nahrung desshalb organische Verbindungen sein müssen. Die Maispflanze und die meisten Gräser kommen schlecht auf Kalkboden fort, wo sie beim Fehlen anderer Basen mehr Kalk aufzunehmen genöthigt sind, als sie bedürfen. Umgekehrt verkümmern die auf Kalkboden üppig erscheinenden Pflanzen, sobald sie auf Glimmerschiefer- oder Thonschieferboden übertragen werden, aus Mangel des nöthigen Kalkes. Vergebens wird man reiche Ernten von einem Boden erwarten, der nur Spuren von phosphorsauren Salzen enthält u. s. w.

Indess zeigen alle Pflanzen in der Assimilation der ihnen dargebotenen Stoffe einen gewissen Spielraum, so dass eine und dieselbe Art keineswegs immer dieselben Substanzen hervorbringt, und daher ihrer qualitativen Natur nach grossen Schwankungen unterworfen ist. Aus diesem Umstande ist die grosse Verschiedenheit, welche eine und dieselbe Pflanzenart in ihren Assimilationsproducten (Stärke, Zucker, Dextrin, Proteïnstoffe u. s. w.) und in ihren anorganischen Bestandtheilen (Aschengehalt) unter verschiedenen äusseren Verhältnissen zeigt, zu erklären.

In der Agricultur, wo es sich um reichhaltigere Gewinnung dieses oder jenes Bestandtheiles einer Pflanze handelt, ist es daher keineswegs einerlei, welche Nahrungsstoffe wir derselben im Boden darbieten. Die Runkelrübe, so reich an Zucker, liefert unter gewissen Umständen (bei zu reicher Düngung mit Pferde- und Schafmist) wenig oder gar keinen Zucker. Eben so hängt es von der Art der Düngung ab, ob die Kohlpflanze und der Weinstock ein geniessbares Product liefern. Auf gleiche Weise missrathen amylumhaltige Pflanzen bei unpassender Behandlung des Bodens.

Noch kennen wir von den allerwenigsten Pflanzen, ja nicht einmal von den gemeinsten Culturgewächsen, die specifischen Nahrungsbedürfnisse. Die Fortschritte der Landwirthschaft beruhen hier allerdings zunächst auf den Aufklärungen, die ihr die Chemie geben kann, doch ist es gegenwärtig kaum möglich, jeden wissenschaftlichen Gewinn sogleich praktisch zu verwerthen.

§. 162. So wie mit der Endosmose in der Regel eine Enosmose Statt findet, so ist auch mit der Aufsaugung durch die Wurzel gleichzeitig eine Aussonderung (Excretio) durch dieselbe verbunden, die sich unter verschiedenen Umständen äusserst verschieden verhält. Der durch die Wurzelenden ausgesonderte Stoff ist bald von wässeriger Beschaffenheit oder zeigt sich mehr consistent, je nachdem derselbe unverändert oder durch Verdunstung concentrirt und mehr oder minder entmischt erscheint. Obgleich er sich im letztern Falle um die Wurzel anhäufen kann, so ist er doch wegen seiner indifferenten Beschaffenheit nicht im Stande, auf nebenstehende Gewächse nachtheilig einzuwirken.

Die Wurzelausscheidungen sind schon seit Duhamel beobachtet, und bei vielen Pflanzen aus dem Ankleben der Erde an die Wurzelspitzen erkannt worden. Brugmans (Dissertatio de Lolio ejusdem varia specie L. B. 1785) und Coulon (Dissertatio de mutato humorum indole etc. p. 77) suchten aus der verschiedenen Beschaffenheit dieses Excretionsstoffes zu erklären, warum gewisse Pflanzenarten, wie z. B. Avena sativa und Cnicus arvensis, Polygonum Fagopyrum und Spergula arvensis, Triticum sativum und Erigeron acre — Euphorbia Peplus, Scabiosa arvensis und Linum usitatissimum — Helenium und Daucus carota sich nicht mitsammen vertragen, ohne dabei den wahren Grund dieser Erschei-

nungen erkannt zu haben. Die von Macaire-Prinsep angestellten Versuche (Mém. de la société de Génève V. p. 287), um die Wurzelausscheidungen als ein allgemeines und einflussreiches Phänomen darzuthun, haben in den von mir (Ueber den Einfluss des Bodens u. s. w. p. 147) und von E. Welser (Untersuchungen über die Wurzelausscheidung, 1838) angestellten Versuchen eine gründliche Widerlegung gefunden, woraus sich ergibt, dass weder die normalen noch die abnormen Absonderungen der Wurzeln von solcher Beschaffenheit sein können, um die Pflanze von namhaften oder ihr besonders schädlichen Auswurfstoffen zu befreien.

Jedenfalls sind die Ausscheidungen der Wurzel gegen die Aufnahme höchst unbedeutend, und können nur aus assimilirten Stoffen nebst einigen in der Zellflüssigkeit aufgelösten Salzen bestehen. Dass dieselben in der Erde oder im Wasser augenblicklich Veränderungen eingehen, in deren Folge sie sich nach und nach wie alle organischen Verbindungen in Humus verwandeln, ist für sich klar. Ganz richtig bemerkt daher H. v. Mohl (Dr. J. Liebig's Verhältniss zur Pflanzenphysiologie p. 52), dass die sich fort und fort zersetzenden Wurzeln ungleich mehr als ihre Ausscheidungen betragen, auf das Gedeihen der späteren Pflanzen gleicher Art nicht ohne Einfluss sein können, und eben darum einen Fruchtwechsel der Culturpflanzen nothwendig machen.

II. Abschnitt.

Vom Aufsteigen des Nahrungssaftes und von seiner Vertheilung.

§. 163. Die von den Wurzelspitzen unter den nöthigen Bedingungen aufgenommene Nahrungsflüssigkeit steigt durch die Wirkung derselben Kraft (Endosmose) von Zelle zu Zelle durch alle Theile der Pflanze. Bei den mit Gefässbündeln versehenen Gewächsen nehmen

auch diese und unter bestimmten Umständen selbst die Spiralgefässe daran Antheil.

Es ist gegenwärtig keinem Zweifel unterworfen, dass die von den Wurzelzellen aufgenommene Nahrungsflüssigkeit von Zelle zu Zelle weitergeführt durch alle Theile der Pflanze sich zu verbreiten im Stande ist. Bei Pflanzen, welche mit Gefässbündeln versehen sind, zeigen sich erfahrungsgemäss diese als nicht unwichtige Förderer der Saftleitung, nur hierüber ist man noch nicht ganz im Reinen, in wie weit die Spiroiden sich bei diesem Geschäfte betheiligen. Versuche mit abgeschnittenen Pflanzentheilen können natürlich nicht massgebend sein, und die näheren Wege der Saftvertheilung in der unverletzten Pflanze zu ermitteln, daran fehlt es noch an einer hinreichenden Methode.

Link und Andere haben Pflanzen mit einer Auflösung von gelbem Blutlaugensalz (Cyaneisenkalium) im Wasser (1 : 32 und 1 : 50) durch mehrere Tage, und hiernach mit einer Auflösung von schwefelsaurem Eisenoxyd getränkt, und das gefällte Berlinerblau ausschliesslich oder doch vorzüglich nur in den Spiroiden gefunden. Meine Versuche mit dem rothen Safte der Phytolacca-Beeren haben mit Bestimmtheit die Fortleitung des von den Wurzeln aufgenommenen Saftes in den langgestreckten Zellen der Gefässbündel erwiesen. Nur ausnahmsweise und auf die Endtheile der Gefässbündel beschränkt hat sich der rothe Farbestoff einiger Pflanzenpigmente auch in den Spiroiden auffinden lassen. Bis der aufgenommene Nahrungssaft in die äussersten Theile der Versuchspflanzen gelangte, bedurfte es immer einer längeren Zeit als 24 Stunden.

Mit diesen Versuchen stehen auch die Erfahrungen Hoffmann's über die Saftleitung in Einklang, obgleich die Theile, durch welche dieselbe auf dem kürzesten Wege erfolgt, dadurch nicht bestimmt werden. Eben so wenig entscheidend sind die Versuche mit Steckreisern und belaubten Zweigen. Indess erleidet es keinen Zweifel, dass unter gewissen Umständen nicht auch die mit Luft erfüllten Spiroiden sich bei dem Geschäfte der Saftfüh-

rung betheiligen, wie das jede thränende Rebe mit Sicherheit beobachten lässt. Die im ersten Frühjahre von aufgenommenen Säften strotzenden Zellen unserer Holzpflanzen sind ohne zu bersten nicht im Stande, dieselben durch lange Zeit zu behalten, sondern müssen sie an nachbarliche mit Luft erfüllte Theile (Gefässe) abgeben. Da die in den Gefässen enthaltene Luft nur zum Theile durch die Oeffnungen in den Blattnarben entweichen kann, so muss der Rest nothwendig von der eindringenden Flüssigkeit absorbirt werden. Es steht zu vermuthen, dass die Tüpfelcanäle und die Füllzellen der Gefässe diese Saftüberführung sehr erleichtern. Anfänglich zum Theile, endlich ganz mit Saft erfüllt, verlieren sie denselben jedoch mit der Entfaltung der Blätter wieder ganz und gar, und nur einige saftreiche Schlingpflanzen der Tropenländer (Phytocrene, Cissus hydrophora u. s. w.) scheinen davon eine Ausnahme zu machen.

Die Meinung, als wären die Intercellulargänge die Organe der Saftvertheilung, kann nunmehr als veraltet betrachtet werden. Sie ist durch die genauere Untersuchung jener Theile, aus ihrem Baue, dem Vorkommen und der Entwicklungsgeschichte hinlänglich widerlegt.

H. F. Link, Vorlesungen über die Kräuterkunde. 1843. 8. p. 112.

C. L. Rominger, Versuche über die Saftführung der Gefässe. Bot. Zeit. 1843. Stk. 11.

Schnürlen, Untersuchungen über die Frage, in welchem System des Holzes wird der rohe Nahrungssaft zu den Organen geleitet. Inaugural-Dissertation. Tübingen, 1843.

Rainey, Experimental inquiry on the ascent and descent of the sap. London, 1847.

H. Hoffmann, Ueber die Organe der Saftströmung in den Pflanzen. Bot. Zeit. 1850. Stk. 17, 33.

Idem, Ueber die Saftwege in den Pflanzen. Bot. Zeit. 1850. Stk. 45—49.

Th. Hartig, Ueber Aufsaugung gefärbter Flüssigkeiten durch Steckreiser und belaubte Triebe. Bot. Zeit. 1853. Stk. 35.

§. 164. Da alle Bewegung der Nahrungsflüssigkeit von einem für die Endosmose günstigen Verhältnisse

abhängt, so wird die Concentration des Zellsaftes nebst seiner qualitativen Ausbildung nicht nur als die letzte entfernte Ursache der Saftbewegung anzusehen sein, sondern zugleich die Richtung bestimmen, wohin dieselbe vorzugsweise Statt findet. Diejenigen Theile der Pflanze also, in welchen durch Verdunstung ein grosser Theil der Flüssigkeit wieder verloren geht, so wie dort, wo zur Bildung neuer Theile der grösste Verbrauch von Nahrungssaft und daher auch die grösste chemische Thätigkeit vor sich geht, werden vorzugsweise den Nahrungssaft an sich ziehen und daher die Richtung des Saftstromes bestimmen.

Man hat sich viele Mühe gegeben, die allgemeine Richtung des Säftestromes in den Pflanzen austindig zu machen, doch ist diess jedoch bisher noch nicht mit besonderem Glück geschehen. Die Ansicht, dass bei allen vollkommeneren Pflanzen der von den Wurzelenden aufgenommene Saft zuerst nach den inneren Theilen der Wurzel und durch diese dem Holze des Stammes zugelenkt werde, hat alle Wahrscheinlichkeit für sich. Wie aber der auf diese Weise an das Ende des Stammes und der Zweige gelangte Saft auf diesem Wege auch nach den Blättern geführt wird, ist schon etwas dunkler, am zweifelhaftesten jedoch ist unstreitig die rückgängige Bewegung des nunmehr veränderten Nahrungssaftes durch die Rinde. Alle die zahlreichen Versuche, die hierüber angestellt sind, lassen eine solche Cyclose des Nahrungssaftes keineswegs mit einer solchen Sicherheit erkennen, dass nicht erhebliche Zweifel und unbeantwortete Fragen zur Genüge vorgebracht werden können. Wie viel hiebei auf die verschiedene Beschaffenheit des Pflanzenbaues im Allgemeinen und im Besondern ankommt, müssen neuere Untersuchungen erst ins rechte Licht stellen.

§. 165. Die in den Gefässbündeln und namentlich die in den Holzzellen derselben befindlichen Säfte sind wässerig. Sie enthalten Dextrin und Zucker, aber weder Amylum noch Chlorophyll und Farbestoffe, noch irgend einen andern assimilirten Pflanzenstoff. Das von der Wurzel aufgenommene Wasser und die in demselben in sehr geringer Menge gelösten anorganischen Verbindungen haben selbst in beträchtlicher Entfernung von derselben keine andere Veränderung erfahren als jene, welche ihre Bestandtheile zur Dextrin- und Zuckerbildung veranlasste.

In grösserer Quantität wird der in den Gefässbündeln aufsteigende Pflanzensaft aus dem Holzkörper dicotyledoner Bäume zur Frühlingszeit gewonnen. Er ist eine schwach süssschmeckende wässerige Flüssigkeit, welche Dextrin, Zucker, Eiweiss u. s. w. in verschiedener Menge enthält. Dabei finden sich in ihm aber auch noch gar nicht assimilirte Verbindungen, wie z. B. freie Kohlensäure, Ammoniaksalze u. s. w. Liebig (Org. Chem. p. 72) fand neutrale Ammoniaksalze nicht blos in der Runkelrübe, sondern auch im Safte der thränenden Weinrebe, der Birke, des Ahorn, ja selbst in peripherischen Pflanzentheilen, wie in Blättern (des Tabaks), in Blüthen und Früchten. Nach den Untersuchungen Langlois' besteht der Frühlingssaft (30. März) aus freier Kohlensäure, salpetersaurem Kali, milchsauern Alkalien, salzsaurem Ammoniak, schwefelsaurem Kali, phosphorsaurem und weinsteinsaurem Kalk und vegetabilischem Eiweiss. Ungefähr dieselben Bestandtheile enthält auch der Frühlingssaft des Wallnussbaumes. Aus vergleichenden Untersuchungen scheint hervorzugehen, dass die freie Kohlensäure hier zur Bildung von Zucker verwendet wird, indem dieselbe nach Entstehung des letztern verschwindet. Nach E. Brücke hat der Saft der Weinrebe zur Zeit des stärksten Thränens kein grösseres specifisches Gewicht als 1.001. Ich fand

das specifische Gewicht des Birkensaftes *) am 29. März (1852) = 1.007, jenes von Zuckerahorn **) am 27. März (1852) = 1·0166. Beide Flüssigkeiten schmeckten schwach süsslich und reagirten etwas sauer.

§. 166. Man nennt den in den Pflanzengefässen und in den langgestreckten Zellen, welche sie begleiten, enthaltenen Saft rohen Nahrungssaft, und findet denselben besonders in jener Periode der Vegetation, in der nach einer durch Trockenheit oder Kälte herbeigeführten Pause oder Ruhe, eine regere chemische Thätigkeit und dadurch eine vermehrte Nahrungsaufnahme erfolgt. Allmälig versiegt der rohe Nahrungssaft in den Gefässen durch den unausgesetzten Verbrauch nachbarlicher Zellen zu Assimilationsproducten, und es entwickelt sich dafür eine Gasart (Gefässluft), die der atmosphärischen Luft ähnlich, aber mehr Sauerstoff enthält. Endlich führen nur noch die langgestreckten Zellen der Gefässbündel so viel Nahrungssaft, als der Bedarf für die weitere Entwicklung erheischt, bis zuletzt die Saftleitung allein auf die Hyroscopicität der Gefäss- und Zellwände beschränkt zu sein scheint.

Die chemischen Prozesse in der Pflanze können durch äussere Umstände retardirt oder accelerirt werden, je nachdem dieselben hemmend oder beschleunigend wirken. Mangel an Feuchtigkeit und niedere Temperatur hemmen im Allgemeinen den Lebensprozess der Pflanze, so wie ihn anderseits reichliche Nahrungszufuhr

*) Aus einem 5 Zoll dicken Stamm durch ein Bohrloch abgezapft. Ein höher angebrachtes Bohrloch blieb dabei trocken.

**) Aus einem verletzten Aste nach dem dritten Tage, wo der Ausfluss am stärksten war, gesammelt.

und Wärme befördern. Wo daher in Folge klimatischer und meteorologischer Verhältnisse das eine oder das andere Statt findet, bemerken wir auch eine Periodicität in den Erscheinungen der Vegetation. In der temperirten und kalten Zone ist es die auf eine niedrige Temperatur folgende Wärme, welche die chemische Thätigkeit erhöht, dadurch die Aufsaugung der Nahrungsflüssigkeit beschleunigt, und so den Pflanzenkörper mit einer grossen Menge bildungsfähiger Stoffe versieht. Eine grosse Rolle scheint die früher im Zellgewebe (namentlich der Markstrahlen) abgelagerte unlösliche Stärke durch ihre Verwandlung in lösliche Substanzen (Dextrin und Zucker) zu spielen. Alle Theile der Pflanze, selbst solche, die beim chemischen Prozesse ein wenig actives Leben führen, wie die ausgebildeten Spiroiden, werden hiebei zur Aufnahme der Säfte genöthigt. Nach Massgabe der Bildungsvorgänge werden diese Säfte bald mehr bald minder rasch verwendet, und so jene Organtheile zuerst wieder davon befreit, um so eher, als sie ihnen mehr als zeitweilige Behälter denn als leitende Organe dienten. Unter welchen Umständen in den Gefässen für die entleerten Säfte eine der atmosphärischen Luft ähnliche Gasart eintritt, ist noch nicht bekannt, hängt aber sicherlich von allgemeinen Bedingungen ab, wodurch die Gefässelemente bei ihrer Fusion sich mit Luft erfüllen. Mit der zunehmenden Verdickung der Zellwände der die Gefässe begleitenden langgestreckten Zellen ist auch ihre Fähigkeit für die Saftleitung vermindert, wie das bei dickwandigen Holz- und Bastzellen der Fall ist. Es werden daher die innern Holzschichten weniger leicht Saft führen, als die äussern (Splint), wie das in der That leicht beobachtet werden kann.

Dr. L. Th. Bischoff, De vera vasorum plantarum spiralium natura et functione. 1829. 8.

§. 167. Den grössten Einfluss auf die Art der Vertheilung der rohen Säftemasse in der Pflanze muss der anatomische Bau und namentlich die Anordnung und Vertheilung der Gefässbündel haben.

Bei den Endumsprossern (Dicotyledonen), in denen die Gefässbündel dicht gedrängt in einem Kreise um den Mittelpunct des Stammes stehen, und einen Holzcylinder bilden, wird der Saftstrom ein anderer sein, als bei den Umsprossern (Monocotyledonen) und Endsprossern (Acotyledonen).

Bisher fehlen uns noch alle sicheren Wahrnehmungen, um uns ein klares Bild von der Verschiedenheit der Saftvertheilung in der Pflanze zu machen, obgleich der allgemeine Satz feststeht, dass hierauf das Gefässbündelsystem den nächsten Einfluss hat. Die Versuche mit der Aufsaugung von Cyaneisenkalium und nachheriger Behandlung der anatomischen Präparate mit schwefelsaurem Eisenoxyd, wie sie H. Hoffmann l. c. anstellte, haben leider noch kein sicheres Resultat geliefert, obgleich nicht zu läugnen ist, dass auf diesem Wege der fragliche Punct zu ermitteln sein dürfte.

In den Versuchen mit der Hyacinthe und einigen andern monocotyledonen Pflanzen, deren ich vorher erwähnte, war die rothe Färbung durch den Phytolaccasaft stets nur auf die isolirten Gefässbündel der Zwiebel des Blüthenschaftes, der Zwiebelschuppen, der Blätter und Perigonien beschränkt, ohne dass daran das dazwischen befindliche Parenchym den geringsten Antheil genommen hätte. Eine unbestimmte Diffusion des rohen Nahrungssaftes in alle Zellgewebspartien selbst nach gewissen Richtungen hin findet sicherlich nicht Statt, und es ist mehr als wahrscheinlich, dass die Lage der Gefässbündel diese Wege zunächst bezeichnen. Zur näheren Bestimmung der Saftwege können noch folgende Sätze leiten, denen wir vor der Hand nicht mehr als einen hypothetischen Werth beilegen wollen.

1. Bei den Endumsprossern nimmt der centrale Theil des Gefässbündelsystems (die Gefässbündel der Markscheide) zuerst den Nahrungssaft auf, und leitet ihn zu den Blättern, darauf folgt der peripherische Theil, der den Saftstrom mehr nach der Stammspitze, wo vorzüglich Neubildungen Statt finden, hinlenkt.

2. In der Regel werden nur die jüngsten Blätter mit Nahrungssaft hinlänglich versehen, während die Wege nach den ältern

Blättern in Folge der Metamorphosen, welche die Gefässbündel im Alter erleiden, mehr oder weniger unwegsam werden. Inwieferne aber eben dadurch in ihrer unmittelbaren Nähe ein regeres Leben sich entwickelt, was zur Bildung von Knospen Veranlassung gibt, ist bisher noch unerforscht.

3. Die Knospen, welche sich zu secundären Achsen, oder zu Aesten ausbilden, sind in allen ihren Elementartheilen mit den gleichnamigen Theilen der primären Achse oder des Hauptstammes verbunden, so dass beider Gefässbündelsysteme sich genau entsprechen. Es muss daher bei ästigen Pflanzen der Saftstrom vielfältig von der geradlinigen Richtung abgelenkt werden.

3. Ausser der geradlinigen, von unten nach aufwärts gerichteten Bahn, befolgt der Saftstrom auch noch eine Seitenbewegung, wodurch derselbe in nebenstehende Elementarorgane, und von diesen weiter durch alle Theile des Stammes verbreitet wird. Werden an allen Seiten des Stammes in verschiedenen Höhen Einschnitte gemacht, welche die geradlinige Saftströmung unterbrechen, so geht das Aufsteigen des Saftes nichtsdestoweniger von Statten, was nur durch eine Ablenkung von der senkrechten Bahn, d. i. durch eine Seitenbewegung, möglich ist. In wie weit bei Endumsprossern die Markstrahlen an dieser Bewegung Theil nehmen, ist noch unbekannt.

Dr. Dassen, Untersuchungen über Saftbewegungen in den Pflanzen. Nieuw Archief voor binnen-en buitenlandsche geneeskunde in haren geheelen omvang. I. Jaargang. 2. stuk. 1845. Notizen von Froriep. II. Bd. 39. Nr. 845, 846. III. Bd. 1. Nr. 4.

§. 168. Mit dem Emporsteigen nimmt der rohe Nahrungssaft immer mehr und mehr an Consistenz zu, so dass er in den oberen Theilen des Stammes bei weitem nahrhaftere Theile enthält als im untern, was vorzüglich von dem grösseren Zucker- und Dextringehalte herrührt. Eine gleiche Veränderung findet auch gegen die Peripherie des Stammes Statt. An beiden Theilen gehen

aber vorzüglich Neubildungen von Statten, die eine wiederholte Veränderung in der bildungsfähigen Saftmasse bedingen.

Auch hier hat die Erfahrung nur wenige Anhaltspuncte geliefert, indess ist nicht zu läugnen, dass der rohe Nahrungssaft auf seinen verschiedenen Wegen, bis er zu Neubildungen verwendet wird, mancherlei chemische Veränderungen erfahren muss, die von der Bildung von Dextrin, Gummi, Zucker u. s. w. beginnen, und mit der Entstehung von Gallerte, Cellulose und den albuminösen Materien schliessen.

Indess sind die verschiedenen Uebergangsstufen des rohen Nahrungssaftes in Dextrin, Zucker, Gallerte, Cellulose einerseits, und der Ammoniakverbindungen in Proteïn anderseits noch keineswegs physiologisch verfolgt. Die Isomerie der meisten indifferenten stickstofffreien Substanzen und ihr unmittelbarer Uebergang deutet allerdings darauf hin, dass denselben ein gemeinschaftlicher Stoff zum Grunde liegt, der nur durch verschiedene Hydratzustände und physikalische Unterschiede eine andere Beschaffenheit annimmt; auf welche Weise dieselbe jedoch herbeigeführt, und in wie weit hiebei die stickstoffhältigen Verbindungen thätig sind, ist bis jetzt noch nicht von ferne bekannt.

Eine hieher gehörige Beobachtung, dass sehr niedrig geschnittene Reben einen Wein mit einem eigenthümlichen Erdgeschmack geben, wie diess namentlich mit den feurigen Sicilianer Weinen und mit jenen von Dalmatien (Sansego) der Fall ist, zeigen offenbar, dass die der Pflanze durch die specielle Organisation angewiesenen Saftwege nicht ungestraft abgekürzt werden können.

§. 169. Hat der Nahrungssaft endlich diejenigen Veränderungen erfahren, die ihn zur Bildung neuer Gewebstheile befähigen, so wird er B i l d u n g s s a f t (Cambium) genannt, und diejenigen Elementartheile, welche ihn enthalten, Cambiumzellen. Bei allen höher

organisirten Pflanzen sind dieselben an bestimmten bildungsfähigen Stellen besonders angehäuft, und verursachen an denselben die meiste Substanzzunahme (Cambiumschichte der Endumsprosser).

Der Ausdruck Cambium wurde von Grew zur Bezeichnung eines Saftes, woraus bei dicotyledonen Bäumen die neuen Holzlagen entstehen, in die Wissenschaft eingeführt. Er unterschied davon die jungen Zellen, die ihn enthalten, noch nicht, weil zur Erkennung der zarten Wände dieser Zellen bessere Mikroskope nothwendig sind, als die ihm damals zu Gebote standen. Erst Mirbel betrachtete das Cambium eher für ein Gewebe als für einen Saft, eine Ansicht, die er später dahin abänderte, indem er dasselbe als eine in der Organisation begriffene Grundmaterie (matière mucilagineuse) der Pflanzen erklärte. Ueber die chemische Natur dieses Saftes wissen wir zur Stunde noch wenig. Langlois (Comptes rend. XVII. 1830) hat das Cambium der Rinde, d. i. die Cambiumzellen, sammt ihrem Inhalte chemisch untersucht und darin gefunden: Eiweiss, Rohr- und Traubenzucker, eine gummiartige Substanz, essigsaures Kali, salzsaures Ammoniak und freie Kohlensäure, dagegen in den angrenzenden Holzzellen, welche rohen Nahrungssaft enthielten, Gummi, Zucker, Gerb- und Gallussäure. Es ist klar, dass sich aus dieser Vergleichung noch keine bestimmten Folgerungen für die Umwandlung des rohen Nahrungssaftes ziehen lassen.

§. 170. Die Cambiumbildung ist eine von der Periodicität des Vegetationsprozesses abhängende Erscheinung, und ist bald in höherem bald in minderem Grade vorhanden. Erstere trifft mit der vermehrten Aufnahme des rohen Nahrungssaftes zusammen, welche im gemässigten Klima im Frühjahre erfolgt; letztere findet zur Zeit des Winters Statt. Sie erscheint daher theilweise ganz und gar unabhängig von dem Assimilationsprozesse,

welcher in den Blättern vor sich geht, und zwar zu jener Zeit, in der diese noch nicht ausgebildet sind, zeigt sich jedoch später allerdings in Abhängigkeit von der Function derselben.

Am deutlichsten lässt sich die Zunahme von vegetabilischer Substanz durch Neubildungen an den nachwachsenden Gefässbündeln der endumsprossenden Gewächse verfolgen, wo sie an der Grenze von Holz- und Rindenkörpern in der Cambiumschichte Statt findet. Beobachtet man dieselbe im Winter, so ist sie auf das Minimum der Breiteausdehnung reducirt, mit Beginn des Frühjahres nimmt sie zu, und bleibt während der ganzen Vegetationsperiode ununterbrochen thätig. Am 4. December fand ich z. B. an Pinus sylvestris die Cambiumschichte aus 4 Zelllagen, am 3. Februar aus 6, am 21. April gleichfalls aus 6, am 26. Mai dagegen schon aus 24 Zelllagen gebildet. Durch die Neubildungen in der Cambiumschichte, welche stets durch wandständige Zellbildung erfolgt, findet die Verdickung des Stammes Statt, so wie durch ähnliche, aber weniger begrenzte, und daher in die Augen fallende Neubildungen an der Spitze die Verlängerung desselben. Bei periodischem Wachsthume erlangen die Elementarorgane der auf einander folgenden Schichten in ihrem radiären oder Tiefe-Durchmesser eine verschiedene Ausbildung, so zwar, dass die im ersten Frühjahr gebildeten Elementartheile (sammt den Spiroiden) am mächtigsten erscheinen, die folgenden immer schwächer werden. Da hiebei die Wand der auf einander folgenden Zellen in gleichem Masse an Dicke zunimmt, so muss das Lumen derselben von innen nach aussen beträchtlich abnehmen, und für das freie Auge somit das Holz der perennirenden Pflanzen geschichtet erscheinen. Jede Schichte entspricht einem Vegetationsumlaufe. Erfolgt im Jahre nur eine einzige, wie das der gewöhnliche Fall ist, so bildet sich im Jahre nur eine solche Holzschichte (Jahresring) aus, erfolgen in derselben Zeit zwei Wechsel, d. i. zwei Perioden von Trockenheit und zwei Perioden von Feuchtigkeit, wie das nach Perottet

(Bot. Zeit. 1844. Stk. 20) z. B. am Senegal der Fall ist, so werden auch in dieser Zeit zwei Holzschichten (zwei Jahresringe) entstehen. Jedenfalls ist der Wechsel von Kälte und Wärme auf die Bildung des Holzringes von grösserem Einfluss, als der von Trockenheit und Feuchtigkeit, daher sich das Holz der tropischen und subtropischen Pflanzen durch grössere Gleichförmigkeit vor jenem der gemässigten Zone auszeichnet.

Um die Abhängigkeit der Substanzzunahme von dem Vorhandensein und der Thätigkeit der dem Lichte und der Luft ausgesetzten Pflanzentheile, namentlich der Blätter, in Erfahrung zu bringen, hat man Bäume bis auf den Gipfel entästet, und die Grösse und Zusammensetzung der Jahresringe vor und nach dieser Zeit mit einander verglichen. Es hat sich ergeben, dass der Zuwachs an Holz nach dieser Zeit im Durchschnitte von sieben Jahren nur den fünfzehnten Theil, in einigen Jahren sogar nur den dreissigsten Theil der früheren Holzproduction erreichte, und sich allmälig erst wieder in dem Masse erhob, als die Beblätterung durch die Entwicklung von neuen Knospen zunahm. Dasselbe haben auch zufällige Verletzungen durch Entlaubung in Folge von Hagel gezeigt. Noch genauer hat v. Mohl die Abhängigkeit des Wachsthums mehrerer Parkbäume in die Dicke von der Thätigkeit der Blätter durch genaue Messungen der Umfangszunahme während der Vegetationszeit zu erforschen gesucht. Hieraus hat sich ergeben, dass bei aller Verschiedenheit in der Entwicklung der Jahrestriebe der grösste Substanzgewinn durch Holzbildung immer in jene Zeit fällt, wo die grösste Menge der Blätter und die grösste Energie ihrer Thätigkeit entfaltet ist.

Es lässt sich demnach mit Sicherheit folgern, dass alle Neubildungen, wo sie nicht durch aufgespeicherte Nahrungsstoffe (vorzüglich in der Form von Amylum, fetten Oelen u. s. w.) bewerkstelligt werden, wie diess vor der Belaubung bei den perennirenden Pflanzen geschieht, der Thätigkeit der Blätter u. s. w. bedürfen, um dem rohen Nahrungssafte die Eigenschaft des Cambiums zu ertheilen.

C. v. Hall, Waarnemingen over de Toeneming der Boomen in Dikte. Tiydscrift vor naturl. Geschieden Phys. 1839. VI. p. 207.

H. v. Mohl, Ueber die Abhängigkeit des Wachsthumes der dicotylen Bäume in die Dicke von der physiologischen Thätigkeit der Blätter. Bot. Zeit. 1844. Stk. 6, 7.

F. Unger, Ueber den Grund der Bildung der Jahreslage dicotyler Holzpflanzen. Bot. Zeit. 1847. Stk. 16.

Trecul, Observations relatives à l'accroissement en diamètre des végét. dicot. legn. Ann. d. scienc. nat. XVII. 1852. p. 240. 4. tab.

Idem, Nouvelles observations relatives à l'accroissement en diamètre des arbres dicotyl. Ann. d. scienc. nat. XX. 1853. p. 197. 2. tab.

Th. Hartig, Ueber die Entwicklung des Jahresringes der Holzpflanzen. Bot. Zeit. 1853. St. 31, 32.

§. 171. Da die Ursache der aufsteigenden Bewegung der Säftemasse weder die alleinige Folge der Haarröhrchenwirkung nach der Hygroscopicität der Pflanzenmembran sein kann, so bleibt nichts übrig, als dieselbe in eben derjenigen Thätigkeit zu suchen, welche die Aufnahme der Nahrungsflüssigkeit von aussen bewerkstelligt, d. i. in der Endosmose. Die Möglichkeit ihrer Wirksamkeit ist jedoch theils von der in den peripherischen Pflanzentheilen erfolgenden Verdunstung, theils von der Assimilationsthätigkeit eben dieser Theile abhängig.

Abgesehen von einer in der Contraction der Zellwand liegenden bewegenden Kraft, die bisher für die Pflanzenmembran nicht nachgewiesen werden konnte, lässt sich die Fortführung des durch die Wurzel aufgenommenen Nahrungssaftes weder durch Capillarwirkung, noch durch die Wirkung der Hygroscopicität für alle Fälle erklären. Gesetzt auch, die Säfte stiegen in Röhren auf, so werden sie dadurch dennoch nur auf wenige Zolle gehoben werden, wie das aus allen Versuchen, in welchen abgeschnittene und bewurzelte Zweige in gefärbte Flüssigkeiten gestellt wurden, hervorgeht. Anderseits ist die Wirkung der Hygroscopicität, obgleich

sie fortwährend thätig ist, viel zu schwach, um die Menge der dadurch in kurzer Zeit gehobenen Flüssigkeit und die Kraft, welche dabei entwickelt wird, daraus ableiten zu können.

Hat die Endosmose die Aufnahme der Nahrungsflüssigkeit in den äussersten Wurzelzellen bewerkstelligen können, so wird eine Mittheilung der Flüssigkeitsmasse von Zelle zu Zelle unter denselben Bedingungen eben so leicht Statt finden können. Diese Bedingungen sind aber die nach oben zunehmenden Concentrationsgrade des Zellsaftes, welche einerseits durch die fortwährende unmerkliche Wasserabgabe an die Luft (Verdünstung) und durch die fortschreitende Assimilation nothwendig erfolgen muss. Es ist daher die Saftvertheilung in der Pflanze von zwei Prozessen abhängig, die sich gegenseitig unterstützen und ergänzen.

Man hat die Kraft, die beim Aufsteigen des rohen Nahrungssaftes im Stamme entwickelt wird, zu messen gesucht, und sie nicht unbedeutend gefunden. Eine doppelt gebogene Glasröhre mit etwas Quecksilber gefüllt, und mit dem kürzeren Schenkel mittelst Kautschuk luftdicht auf den abgeschnittenen Pflanzentheil aufgesetzt, dient hiezu ganz gut. Wird der Stamm einer Rebe, welche sich zu solchen Versuchen besonders eignet, zur Zeit des Thränens über der Wurzel abgeschnitten und mit einer solchen Glasröhre in Verbindung gebracht, so hebt der in dieselbe eindringende Saft das Quecksilber 22 bis 32·5″ empor, was einer Wassersäule von 25—36$^1/_2$ Fuss entspricht. Schneidet man dagegen die Wurzelspitze ab, und bringt mit der übrigen Wurzel eine in Wasser gestellte Glasröhre in Verbindung, so wird das Wasser durch die saugende Thätigkeit so weit gehoben, dass es einer Quecksilbersäule von 8—12″ das Gleichgewicht hält. Es wird daher durch die Kraft des aufsteigenden Pflanzensaftes der Druck von $^1/_2$ bis 1$^1/_2$ Atmosphäre überwunden, was jedoch noch immerhin geringer ist gegen die Kraft, womit im endosmotischen Apparate eine Zuckerlösung von mässiger Concentration durch Einsaugung verdünnt wird, die einen Druck von 45″ 9‴ überwindet. Der Fortschritt in der Entwicklung der Knospen und die äussern

meteorologischen Verhältnisse üben auf das Mass dieser Kraftäusserung den grössten Einfluss aus.

Stephen Hales, Vegetable statiks etc. London, 1727.
F. J. F. Meyen, Neues System der Pflanzen-Physiologie. II. p. 57.
Brisseau-Mirbel, Élémens de Physiol. végét. I. p. 198.

III. Abschnitt.

Von der Assimilation des Nahrungssaftes.

§. 172. Die durch den Stamm bis zu den Blättern fortgeführten und dabei wenig veränderten Nahrungssäfte treten sowohl an der Peripherie dieses Organes als in jenen meist flach ausgebreiteten Anhangstheilen mit dem umgebenden luftförmigen oder Luft enthaltenden Medium der Atmosphäre und des Wassers in Berührung, was nicht ohne Wechselwirkung und den dabei nothwendigen Veränderungen in Beiden geschehen kann.

Diese Wechselwirkung erstreckt sich erstens auf einen Austausch von Gasen zwischen der Pflanze und der Atmosphäre, zweitens auf eine Abgabe und Aufnahme von Gasarten, die von der Capacität der sie enthaltenden Pflanzensäfte abhängt, und drittens auf die zunächst durch die chemischen Vorgänge in der Pflanze herbeigeführten Bedürfnisse für Aufnahme und Abgabe luftförmiger Stoffe. Hiervon sind alle jene Vorgänge von Aufnahme und Ausscheidung von Gasarten verschieden, die nur einzelne Theile der Pflanze oder bereits ganz oder zum Theil abgestorbene betreffen.

Es ist eine noch ganz und gar unerörterte Frage, in wie weit der rohe, durch die Wurzel aufgenommene Nahrungssaft auf seinem Wege zu den peripherischen Pflanzentheilen Veränderungen erfährt, welche ihn zur Bildung neuer, oder zur Vergrösserung

bereits vorhandener Theile, mit einem Worte zur Nutrition geeignet machen. Es ist hiebei sehr schwer, den steten Einfluss der in den Zellen aufgespeicherten und in die rohe Säftemasse übergeführten assimilirten Substanzen (wie Dextrin, Zucker, Gallerte, ja selbst Cellulose und die Proteïnsubstanzen) von diesen ferne zu halten. Schon in der keimenden Pflanze wird der rohe Nahrungssaft fortwährend durch aufgelöste assimilirte Substanzen vermengt und dadurch ernährungsfähig, und dasselbe geschieht in allen perennirenden Pflanzen, nur im höheren Maasse. Es ist daher kaum zu entscheiden, wo und auf welche Weise die Bestandtheile der von der Wurzel aufgenommenen anorganischen Verbindungen zersetzt und in neue organische Verbindungen umgesetzt werden. Indess deutet Alles darauf hin, dass dieser eigentliche Assimilationsprozess erst in den peripherischen Pflanzentheilen und vorzugsweise in den Laubblättern Statt findet. Diese werden daher als die wichtigsten vorbereitenden Organe für den Ernährungsprozess angesehen werden müssen, und da dieselben in ihrer Organisation ganz vorzüglich die Wechselwirkung der Pflanzensubstanz mit luftförmigen Medien unterstützen, in dieser Function selbst die wesentlichen Vorgänge der Assimilation der pflanzlichen Säftemasse zu suchen sein. Es ist ganz gleichgiltig, ob man dieselben mit dem Ausdrucke Athmung bezeichnen will oder nicht.

§. 173. Den eingreifendsten und zugleich am meisten in die Augen fallenden Einfluss erlangt die Säftemasse in den peripherischen Pflanzentheilen durch die Abgabe von Wasser an die Luft in der Form von Verdunstung. Man nannte diesen Vorgang Transspiration, weil er sich von einer gewöhnlichen Verdunstung durch die Beschaffenheit der verdunstenden Organe und durch die dem Wasserdunste häufig beigemengten organischen Substanzen unterscheidet. Der nächte Effect dieser Wasserabgabe ist eine Concentration der Säftemasse.

Die Abgabe dunstförmigen Wassers an die Luft ist eine der einflussreichsten Functionen der Pflanze, sowohl auf den Vorgang der Aufnahme der Nahrungsflüssigkeit als auf die Verähnlichung derselben. Von ihr hängt das Gedeihen der Pflanzen ganz vorzüglich ab. Die grosse Menge Wassers, welche die Pflanze wegen der geringen Löslichkeit mehrerer ihr nothwendigen Substanzen bedarf, würde durch die Anhäufung in ihrem Innern ihr mehr hinderlich als förderlich sein, wenn sie dieselben nicht auf eine leichte und unmerkliche Weise wieder abzugeben im Stande wäre. Der grösste Theil des durch die Wurzel aufgenommenen Wassers zieht daher, ohne eine Spur ihres Daseins zurückzulassen, wieder ab, und alle oberflächlichen Theile, besonders aber die flächenförmig ausgebreiteten Blätter, sind als die zweckmässigsten Organe für die Verdunstung anzusehen.

Durch die rohesten Versuche kann man sich von der wässerigen Aushauchung (exhalation aqueuse), die sich von dem unmerklichen Abgang des Wassers (déperdition insensible) nicht unterscheidet, überzeugen; um jedoch genaue und vergleichbare Resultate zu erlangen, und um diesen Vorgang nach allen Seiten kennen zu lernen, bedarf es eines grösseren Apparates. Die Wage ist unter diesem das wichtigste Instrument, indem selbst der in kürzester Zeit durch den kleinsten Pflanzentheil erfolgende Verlust an Wasser einen merklichen Gewichtsverlust bewirkt, und daher durch dieselbe bestimmt werden kann. Bei grösseren verdunstenden Oberflächen lässt sich wohl der Wasserdunst condensiren und in flüssiger Form messen. Für gewisse Bestimmungen lassen sich nur Wasserdunst absorbirende Substanzen, wie z. B. Chlorcalcium, anwenden. Die Gewichtszunahme desselben entspricht dem Wasserverluste der mit ihm eingeschlossenen Pflanze.

Wenn man auch im Allgemeinen sagen kann, dass die Verdunstung des Wassers von lebenden Pflanzentheilen als ein physikalischer Prozess zu betrachten ist, welcher ununterbrochen nach Verhältniss der Trockenheit und Bewegung der Atmosphäre, nach der Temperatur derselben, so wie nach der zur Ausdunstung ge-

schickten Fläche vor sich geht, so ist es doch wichtig, auf diese Momente näher einzugehen, und zu sehen, wie viel hiebei den äusseren Umständen, wie viel der Beschaffenheit der Pflanze beizumessen sei, abgesehen davon, dass durch eine sorgfältige Untersuchung dieses Vorganges der Einfluss, den derselbe auf die übrigen Vorgänge des Wachsthums nimmt, erst recht ersichtlich wird. Eine grössere Reihe von Versuchen, die ich hier nicht detaillirt angeben kann, haben folgende wichtigere Ergebnisse zum besseren Verständnisse der Transspiration herbeigeführt.

A. Grösse der Transspiration im Allgemeinen und ihre Abhängigkeit von äusseren Momenten.

1. Die Transspiration der Pflanzen geht fortwährend sehr unregelmässig vor sich. Höhere Temperatur und geringere Luftfeuchtigkeit erhöhen dieselbe, eine niedrigere Temperatur und grosse Luftfeuchtigkeit vermindern sie. Ebenso wirkt der verschiedene Feuchtigkeitszustand des Bodens und die von der Organisation abhängige leichtere oder schwierigere Aufnahms- und Leitungsfähigkeit des Nahrungssaftes fördernd oder hindernd auf das Maass der Transspiration ein.

2. Einen sehr untergeordneten Einfluss besitzt die Bewegung der Luft.

B. Vergleichung der Transspiration der Pflanzen mit der Verdunstung einer Wasserfläche.

1. Die Verdunstung übersteigt unter allen Verhältnissen die Transspiration der Pflanzen, d. h. eine Blattfläche und eine gleich grosse Wasseroberfläche verhalten sich in Bezug auf die Wasserabgabe an die Atmosphäre so, dass diese stets ein Mehrfaches von jener beträgt.

2. Unter gleichen Umständen wächst und füllt die Transspiration der Blattfläche nicht in demselben Maasse als die Verdunstung der Wasserfläche zu- und abnimmt.

3. In der Regel sind es 40 — 140 Procent, um welche die Verdunstung einer Wasserfläche eine gleich grosse Blattfläche übertrifft; in ungewöhnlichen Fällen steigt diese Zahl auf 500 bis

600 Procent. Im Mittel verhalten sich aber beide verdunstenden Oberflächen wie 3:1, so dass also eine Wasserfläche das Dreifache einer gleich grossen Blattfläche an Wasserdunst an die Atmosphäre abgibt.

C. Verschiedenheit der Transspiration bei verschiedenen Pflanzen.

1. Unter gleichen Verhältnissen verlieren Pflanzen verschiedener Art verschiedene Mengen Wasserdunstes. Im Allgemeinen bedingt ein zarterer Bau des Blattes eine stärkere Verdunstung.

D. Periodicität der Transspiration. Unterschied von Tag und Nacht im Allgemeinen.

1. Die Transspiration geht nicht in gleichmässiger Folge vor sich, sondern steigt und fällt trotz aller hemmenden und begünstigenden Nebeneinflüsse in den verschiedenen Stunden des Tages so, dass innerhalb 24 Stunden stets ein Maximum und ein Minimum eintritt.

2. Das Maximum der Transspiration fällt auf die Tagesstunden 12 bis 2 Uhr, der Eintritt des Minimums erfolgt zur Nachtzeit.

Abgesehen von allen Störungen, welche den regelmässigen Gang der Transspiration beeinträchtigen, dürfte es nicht unwahrscheinlich sein, dass das Maximum der Transspiration im Frühlinge und im Herbste früher als im Sommer eintritt.

3. Aus den bisherigen Erfahrungen scheint hervorzugehen, dass die Zunahme der Transspiration allmäliger erfolgt als die Abnahme.

E. Verschiedenheit der Transspiration der Oberseite und Unterseite der Blätter und ihre Abhängigkeit von dem Vorhandensein der Spaltöffnungen.

1. Die Transspiration der Blätter erfolgt wenn gleich in geringem Maasse auch da, wo sich keine Spaltöffnungen befinden. Sie ist also bis zu einem gewissen Grade unabhängig von den Spaltöffnungen und wird unter gleichen Umständen dort ungleich stärker sein, wo die Dicke und Derbheit der Zellmembran so wie der Cuticula u. s. w. der Verdunstung weniger Hindernisse in den Weg stellen.

2. Die Grösse der Transspiration ist der Zahl der Spaltöffnungen nicht proportionell, obgleich die Unterseite des Blattes, wo auch in der Regel mehr Spaltöffnungen vorkommen, mehr transspirirt als die Oberseite.

3. Der grösste Unterschied in der Transspiration beider Blattseiten findet sich bei lederartigen, der geringste bei membranösen Blättern. (Im Blatte von Aucuba japonica verhält sich die Transspiration der Oberseite zur Unterseite wie 1:40, die Zahl der Spaltöffnungen wie 0:145. Im Blatte von Helianthus annuus, erstere wie 1:1·25, letztere wie 207:250.)

F. Function der Spaltöffnungen bei der Transspiration.

1. Aus der Grösse der Spalte und aus der Menge derselben lässt sich berechnen, der wievielte Theil der Blattfläche von jedem oberflächlichen Schutze frei ist. An den Blättern von Agapanthus beträgt die eigentliche Spalte 0·0000093 Quadratlinien, bei Ajuga genevensis 0·0000027 Qdrtln. Da bei jener 325 Spaltöffnungen, bei dieser 432 Spaltöffnungen auf 1 Qdrtlinie fallen, so wird bei Agapanthus der 330ste Theil, bei Ajuga der 857ste Theil der Oberfläche von der Epidermis und den Porenzellen frei sein.

2. Theils aus directen Versuchen, theils aus anatomischen Gründen lässt sich folgern, dass weder ein periodisches noch überhaupt ein Oeffnen und Schliessen der Spalte bei den Spaltöffnungen Statt findet.

G. Einfluss der Organisation auf das Mass der Verdunstung.

1. Die wichtigsten Momente sind, namentlich bei Blättern, die Stärke des Mesophylls, das räumliche Verhältniss der luftführenden Räume zur Masse des Zellgewebes u. s. w. und der Saftreichthum des Zellgewebes.

H. Verhältniss der Aufnahme des Wassers durch die Wurzeln zur Ausscheidung desselben in Dunstform.

1. Weder die Versuche Senebier's, welcher das Verhältniss der Aufnahme zur Ausscheidung wie 15:13 oder wie 3:2 fand, noch jene von Woodward, welcher es wie 100:97·8 angab, scheinen nach der angewandten Methode hinlängliche Genauigkeit

zu besitzen. Jedenfalls ist es nur ein sehr kleiner Theil des aufgenommenen Wassers, welchei zersetzt und zur Bildung von organischen Verbindungen verwendet wird.

I. Absolutes Maass der Transspiration und Einfluss derselben auf den Feuchtigkeitszustand der Atmosphäre.

1. Da die Transspiration bei einer und derselben Pflanze sehr veränderlich ist, so kann als absolutes Maass nur ein Mittelwerth dienen, der um so genauer sein wird, je mehr er einzelne Beobachtungen umfasst.

2. Einen vergleichenden Ueberblick über die Grösse der Transspiration von kraut-, strauch- und baumartigen Pflanzen gewährt folgende Tabelle, wobei zu bemerken ist, dass diesen Beobachtungen durchaus Pflanzen in ihrer vollsten Entwicklung zu Grunde liegen, und dieser Zustand für die ganze Vegetationsdauer als gleichbleibend genommen wurde.

Namen der Pflanzen	Flächenraum der Blattausbreitung im Verhältniss zum Flächenraum des Bodens, den sie einnimmt, und der = 1 gesetzt ist	Transspiration durch 24 Stunden in Grammen			Ein Bestand von 1600 Quadratklafter (Joch) verdunstet Wasser in der Vegetationszeit von 153 Tagen in Kilogrammen
		im Schatten	in der Sonne	im Mittel	
Isatis tinctoria	4·000	99·4	155·8	127·6	3,174.159
Valeriana Phu	1·851	49·0	80·0	65·5	1,693.188
Digitalis purpurea	1·884	24·0	41·0	32·5	861.711
Helianthus annuus	0·974	—	—	682·84	1,504.432
Brassica Rapa	4·410	—	—	323·4	1,031.220
Vitis vinifera	1·350	273	546(?)	409·5	458.247
Fagus silvatica (Zweig mit 700 Blättern)	10·000	186	372(?)	279·0	2,465.314

3. Nach den Beobachtungen über die jährlichen Regenmengen und die gleichzeitige Verdunstung des Wassers ergibt sich, dass für den Flächenraum von 1600 Qdrtklftr. (Joch) noch immer eine Wassermenge von 2,757.541 Kilogr. übrig bleibt, die hinreichend ist, um eine Vegetation zu ernähren und Quellen zu unterhalten.

§. 174. Der wasserausscheidenden Thätigkeit der Blätter steht unter veränderten Umständen keine Aufnahme von Wasserdunst an der Seite. Die Pflanzen empfangen selbst bei erhöhtem Bedürfniss aus der Atmosphäre durch ihre Laubblätter kein Wasser und gehen eher zu Grunde, wenn ihnen dieses nicht auf andere Weise zugeführt wird.

Sorgfältig ausgeführte Versuche an abgeschnittenen beblätterten Zweigen so wie an unverletzten Pflanzen, wobei eine mit Wasserdünsten sattsam impregnirte Luft nur zum Stamme und den Blättern Zutritt fand, haben gezeigt, dass von denselben auch nicht die kleinste Menge von Wasserdunst aufgenommen wurde, und zwar selbst nicht einmal unter solchen Umständen, wobei die Pflanzen dem Vertrocknen nahe waren.

Es stellt sich dadurch heraus, dass die bisherige Annahme auf einem Irrthume beruht, welche die Ernährung der Pflanzen durch die Blätter unter gewissen Umständen (bei Trockenheit des Bodens und grosser Feuchtigkeit der Luft) dem nie fehlenden Wasserdunste der Luft beimass.

Dr. P. Gardner, Untersuchungen über die Functionen der Pflanzen, namentlich die Absorption und Aushauchung von Gasen durch die Blätter und Wurzeln. London, Edinburgh and Dublin Philos. Mag. June 1846. Notizen von Froriep. II. Bd. 38. Nr. 835. (1846.)

F. Unger, Nehmen die Blätter der Pflanzen dunstförmiges Wasser aus der Atmosphäre auf? Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. IX. p. 885.

§. 175. Der nächst wichtigste Conflict der peripherischen Pflanzentheile und namentlich der Blätter mit der atmosphärischen Luft besteht in der Aufnahme der

Bestandtheile derselben, so wie in der Abgabe gasförmiger Verbindungen von Seite der Pflanze. Es ist diessfalls zuerst die Kohlensäure, dann der Sauerstoff und endlich der Stickstoff in Betracht zu ziehen.

Die Assimilation der Kohlensäure der atmosphärischen Luft durch die grünen Pflanzentheile und namentlich durch die Blätter ist ein durch vielerlei Erfahrungen constatirtes Factum. Die Frage kann nur noch die sein, ob jene Assimilation sich ausschliesslich auf die durch die Blätter aufgenommene Kohlensäure beschränkt, oder ob sich hieran auch die mittelst der Wurzeln den Blättern zugeführte Kohlensäure betheiligt. Man hat bei den Erörterungen über die Kohlensäurefrage diesen Punct bisher noch nicht gehörig in Erwägung gezogen.

Da die Menge der in der Luft vorhandenen Kohlensäure so ausserordentlich klein ist, dass die in kurzer Zeit oft sehr stark zunehmende Pflanzensubstanz unmöglich von dieser kleinen Quantität abgeleitet werden kann, so steht zu vermuthen, dass der Kohlenstoff, den die Pflanze als Cellulose, Stärke, Dextrin, Gummi u. s. w. gewinnt, eben so durch die Wurzeln als durch die Blätter in die Pflanze gelange. Boussingault meint zwar, dass wir nach den bis jetzt gemachten Versuchen zur Annahme berechtigt wären, dass der in der Pflanzensubstanz befindliche Kohlenstoff zum grössten Theil, wenn nicht ganz, von der Kohlensäure der Atmosphäre herzuleiten sei, ohne sich jedoch auszusprechen, auf welche Weise diese Kohlensäure in die Pflanze gelange.

Die gleiche Meinung ist es, welche vorzüglich von Liebig so kräftig vertheidigt wird, indem er behauptet, »dass die Pflanzen im heissen Sommer ihren Kohlenstoff ausschliesslich aus der Luft schöpfen.« (Die Chemie etc. p. 46.) Aus dem Versuche Boussingault's mit der Weinrebe *) geht hervor, dass ein Zweig mit

*) Boussingault leitete einen beblätterten Rebenzweig in einen Ballon von 15 Litre, und liess mittelst eines Aspirators atmosphärische Luft

20 Blättern (welche ungefähr eine Blattfläche von 3246 Quadrat-Centimeter haben konnten) in der Zeit von 4 Stunden nur 12 Cubik-Centimeter CO^2, oder 0·02359956 Grm. aufgenommen hat. Legt man diese Erfahrung einer weitern Berechnung zu Grunde, so würden für 12 Stunden oder für einen Tag von demselben Zweig 0·07179868 Grm., und für 6 Monate, d. i. die ganze Vegetationszeit, vorausgesetzt, dass heitere und regnerische Tage keinen Unterschied in der Aufnahme machen, 6266·4 Cubik-Centimeter, oder 12·3237624 Grm., aufgenommen worden sein, was nicht mehr als 3·3838 Grm. Kohlenstoff entspricht.

Offenbar ist diese Menge viel zu klein, um auch nur den Zweig, worauf sich die Blätter befanden, mit dem nöthigen Kohlenstoff zu versehen, viel weniger hinreichend, um den jährlichen Zuwachs des Stammes selbst damit zu versorgen. Der Bedarf für die holzigen Theile, worauf 20 Blätter der Rebe stehen, scheint sogar um ein Vielfaches mehr zu sein, als diese aufzubringen im Stande sind. Es geht somit daraus hervor, dass noch eine andere Quelle von Kohlenstoff existiren müsse, welche der Pflanze den während ihrer Vegetation nöthigen Kohlenstoff darzureichen im Stande ist.

Das Obige vorausgesetzt, würden auf 2500 Quadrat-Meter (1 Morgen Landes), d. i. 25027 Quadratfuss Wiener Maass, wenn auch die Oberfläche des Bodens mit einer doppelten Schichte von Blättern bedeckt wäre, nur 120 Pfund, d. i. 60 Kilogramm Kohlenstoff, jährlich producirt werden, während nach Liebig's Angabe (§. 156) mehr als 1000 Pfund auf diese Fläche, sie sei Wald, Wiese

durchströmen, die, nachdem sie die Pflanze zuvor bespülte, einen Kali-Apparat passiren musste. Der Versuch dauerte von 11 — 3 Uhr bei steter Einwirkung der Sonne, während welcher Zeit nach und nach 60 Litre Luft mit der Pflanze in Berührung kamen. Ein gleichzeitig daneben angestellter ähnlicher Versuch mit Hinweglassung der Pflanze bestimmte den Kohlensäuregehalt der Luft, und liess den Unterschied der in Berührung mit der Pflanze gekommenen Luft von jener genau ermessen.

oder Getreidefeld, in der That an Kohlenstoff geerntet werden. Es muss also auch aus dieser Berechnung der Schluss gezogen werden, dass noch eine andere Bezugsquelle des Kohlenstoffes als jene der Blätter vorhanden sei. Liebig nimmt an (Die Chemie in Anwendung auf Agricultur und Physik p. 21), dass ein Morgen Landes der Atmosphäre in jeder Secunde 0·00067 ihres Volumens, oder $^1/_{1000}$ ihres Gewichtes Kohlensäure entziehe, es würden daher in 200 Tagen allerdings 1000 Pfund Kohlenstoff absorbirt, jedoch ist die Annahme, wenn damit die durch die Blätter zu erfolgende Aufnahme gemeint ist, viel zu hoch, und durch gar keinen Versuch unterstützt.

Um den während der Vegetationszeit von den Pflanzen durch ihre Blätter möglicher Weise zu erlangenden Kohlenstoffgehalt mit jenem vergleichen zu können, den sie in dieser Zeit wirklich in ihren Vegetationsproducten erhalten, stellte ich folgenden Versuch an. Es wurden fünf junge Bäume Anfangs April (1853) ausgegraben, und nachdem sie beschnitten wurden, gewogen. Sogleich darnach geschah ihre Versetzung in guter Gartenerde, wo sie den ganzen Sommer über ungestört blieben, und bis auf ein Bäumchen starke Triebe entwickelten. Die Zahl der während der Zeit erschienenen Blätter wurde sorgfältig gezählt, und ihr Flächenmass annäherungsweise bestimmt. Am 3. April des folgenden Jahres (1854) wurden sie mit grosser Vorsicht und ohne merkliche Verletzung wieder aus dem Boden gehoben und gewogen. Aus den erhaltenen Daten wurde ihre Zunahme an Kohlenstoff bestimmt, zugleich auch nach der von Boussingault am Weinstocke gemachten Erfahrung der durch die Blätter möglicher Weise erfolgte Gewinn an Kohlenstoff berechnet. Aus nachstehender tabellarischer Uebersicht ergibt sich, dass im günstigsten Falle, nämlich bei der Linde, der durch die Blätter erlangte Kohlenstoff den vierten Theil, in den übrigen Fällen den zwölften, fünfzehnten, ja sogar nur den achtzehnten Theil des gesammten Kohlenstoffgewinnes betrug.

Namen der Pflanzen	Gewicht am 23. April 1853 in Grammen	Gewicht am 3. April 1854 in Grammen	Gewinn oder Verlust an Gewicht in Grammen	Gewinn oder Verlust an Gewicht in Procenten	Zahl der im Sommer 1853 entwickelten Blätter	Gesammtausdehnung der Blattfläche in Quadrat-Centimeter	Wirklicher Gewinn an Kohlenstoff während der Versuchszeit in Grammen	Möglicher Gewinn an Kohlenstoff durch die Blätter in Grammen
Populus dilatata I.	910	1667·5	+757·5	+83	1719	18909	303	19·7
Populus dilatata II.	420	926	+506	+120	1470	16170	202	16·8
Tilia europaea	428.7	454 65	+25·95	+15	172	2580	10·38	2·7
Fagus sylvatica	1122	1074·1	—47·9	—4	110	1100	—	—
Corylus Avellana	392·5	620	+227·5	+78	250	4750	91	4·9

Ausführlicher als Boussingault haben Vogel und Wittwer *) die Frage über die Aufnahme der Kohlensäure der Luft durch die Pflanzen behandelt. Sie liessen, wie Boussingault, durch einen abgeschlossenen Raum, in welchem sich die zu prüfende Pflanze unverletzt mit ihrem beblätterten Theile befand, atmosphärische Luft durchstreichen (10000 Cubik-Centimeter in 1 Stunde), und untersuchten dieselbe nach ihrem Durchgange auf den Gehalt an Kohlensäure, indem sie gleichzeitig eine eben so grosse daneben aufgefangene Luftmenge auf ihren Kohlensäuregehalt prüften und mit jener verglichen. Die Beobachtung erstreckte sich jedoch nicht auf wenige Stunden, sondern wurde durch mehrere Tage hindurch bei Tag und Nacht fortgesetzt. Die Versuchspflanzen waren Viburnum Tinus, ein nicht näher bestimmtes Pelargonium und eine blühende Calceolaria. Die Versuche wurden vom 13. März bis Ende Mai, bei meist trüber Witterung, ausgeführt. Folgende Zusammenstellung mag die Resultate leicht ersichtlich machen.

*) Ueber den Einfluss der Vegetation auf die Atmosphäre. Abhandlungen der kön. baier. Akademie der Wissensch. Bd. VI. 1851 (1852) p. 265.

Name der Pflanzen	Zeit der Beobachtung	bei Tag		bei Nacht		Von der Pflanze consumirte CO^2 in CmC.
		Gehalt der Luft an CO^2 im Mittel	Gehalt an CO^2 nach Einwirkung der Pflanze	Gehalt der Luft an CO^2	Gehalt an CO^2 nach Einwirkung der Pflanze	
Viburnum Tinus ...	7. — 13. März	0·000461	0·000274	0·000404	0·000570	26·662
Viburnum Tinus....	2. — 10. April	0·000380	0·000056	0·000340	0·000327	229·050
Pelargonium	15. — 21. April	0·000539	0·000162	0·000403	0·000267	332·855
Calceolaria	28. — 30. Mai	0·000492	0·000273	0·000448	0·000366	56·638
	26 Tage					645·205

Durch die Versuche Theod. v. Saussure's und Grischow's ist es ausser Zweifel gestellt, dass die grünen Pflanzentheile im Schattenlichte aus der sie umgebenden Luft Sauerstoff aufnehmen, und dafür eine, wenn auch dieser Menge nicht ganz entsprechende Quantität Kohlensäure an dieselbe abgeben. Geschieht diess in einem abgeschlossenen und durch eine Flüssigkeit abgesperrten Raume, so wird dieser dabei vermindert. Saussure fand z. B. (Rech. chim. p. 914), dass lose Blätter von Prunus armeniaca und Fagus sylvatica innerhalb 24 Stunden achtmal so viel Sauerstoff aufnehmen, als ihr Volumen beträgt, dagegen Blätter von Solanum tuberosum nur das 2·5fache, von Buxus sempervirens das 1·46fache, von Alisma Plantago das 1·7fache, von Cactus Opuntia und Sempervivum tectorum das 1fache und von Agave americana nur das 0·3fache ihres Volumens, was in den meisten Fällen die Capacität des Zellsaftes für Sauerstoffgas übertrifft.

Mit dieser Aufnahme von Sauerstoff ist jedoch stets eine Ausscheidung von Kohlensäure verbunden.

Grischow bemerkte (Phys.-chem. Untersuchungen p. 8) an beblätterten Zweigen von Cheiranthus incanus, dass sie innerhalb 14 Stunden im Schatten das 1·3fache ihres Volumens Sauerstoff aus der Luft aufgenommen, und in der ihrem Volumen gleichen

ausgehauchten Kohlensäure um $^1/_8$ weniger Sauerstoff an denselben zurückgegeben haben.

Meine durch 20 Tage an Blättern von Aristolochia Sipho angestellten Versuche *) haben gezeigt, dass die Aufnahme des Sauerstoffes durchschnittlich in 24 Stunden nicht mehr als das 0·7fache des Volumens betrug, in dem ersten Versuchstage aber das 2·3fache ausmachte. Es haben sich hiebei noch nachstehende Sätze folgern lassen:

1. Eingeschlossene Pflanzen nehmen bei Ausschluss des directen Sonnenlichtes stets Sauerstoff aus der Atmosphäre auf; sie machen aber in der Quantität der Aufnahme keinen Unterschied zwischen völliger Dunkelheit und dem zerstreuten Tageslichte.

2. Die Aufnahme des Sauerstoffes ist bei solchen Pflanzen am Anfange am stärksten, nimmt fortwährend aber unregelmässig ab, und endet mit der beinahe gänzlichen Consumtion des Sauerstoffes.

3. Der Aufnahme des Sauerstoffes entspricht nicht immer eine eben so rasche Ausscheidung von Kohlensäure, so wie diese nicht immer von der Grösse der gleichzeitig erfolgten Aufnahme des Sauerstoffes abhängig ist. —

Ist man über das Verhältniss der Kohlensäure und des Sauerstoffes der Luft zu den grünen Pflanzentheilen einigermassen orientirt, so ist das rücksichtlich des Ammoniaks und des Stickstoffes noch keineswegs der Fall. Es ist gegenwärtig weder ausgemacht, ob die Pflanze sich nur des ersteren oder beider Bestandtheile der Luft zu bemächtigen im Stande ist, noch bestimmt, welches die Organe dieser Assimilation sind.

Hr. G. Ville **) ist durch seine Untersuchungen zu dem Resultate gekommen, dass das in äusserst geringer Menge in der Luft vorhandene Ammoniak von den lebenden Pflanzen unberührt, da-

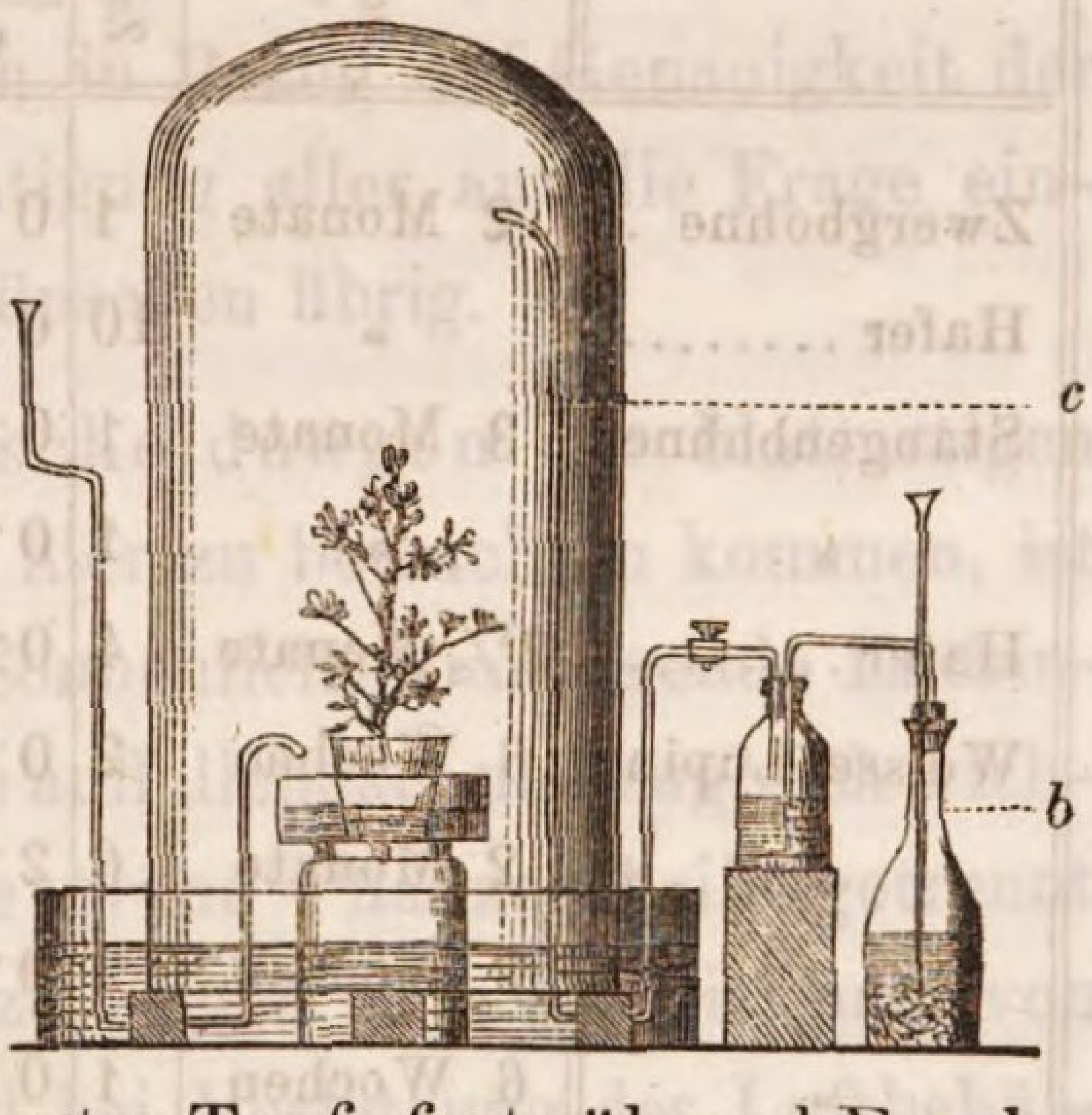
*) Ueber den Einfluss der atmosphärischen Luft auf die mit ihr eingeschlossenen grünenden Pflanzentheile. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. Bd. XII. p. 367.

**) Recherches expérimentales sur la végétation. 1853.

gegen ihr Stickstoff aufgenommen werde, um die in ihr fortwährend sich bildenden Stickstoffverbindungen herzustellen, während Boussingault gleichfalls auf Versuche gestützt nachweist, dass in allen Fällen, wo man der wachsenden Pflanze das Ammoniak entzieht, die Pflanze zwar sich zu entwickeln im Stande ist, jedoch an Stickstoffgehalt nicht zunimmt.

Beide Experimentatoren haben ihre Versuchspflanzen aus Samen in vollkommen stickstofffreiem Boden erzogen, ihnen alle übrigen nöthigen Nahrungsstoffe, wie Wasser, Kohlensäure und Salze, nach Bedürfniss geboten, nur über den Ammoniak der Luft die strengste Controlle geführt. — Um dem Leser eine Idee von der Genauigkeit zu geben, mit welcher diese Versuche gemacht wurden, füge ich hier *(Fig. 118)* den Apparat bei, dessen sich Boussingault bediente, und die Resultate, welche sich aus einer Reihe zu verschiedenen Zeiten angestellter Versuche ergaben.

Fig. 118.



Im Wesentlichen war die Vorrichtung folgende: In einem Topfe, der gepulverten Bimsstein, Asche von Dünger, Knochenasche, und nach Umständen auch Asche von dem Samen derjenigen Pflanzen enthielt, die der Gegenstand der Erforschung waren, wurden die betreffenden Samen gelegt. Durch einen zum Theil mit destillirtem Wasser erfüllten Tränker wurde dem am Boden durchlöcherten Topfe fortwährend Feuchtigkeit zugeführt, die genügende Menge Wassers des Tränkers aber von Zeit zu Zeit von aussen her durch die Röhre *a* ersetzt. Der auf einem Postamente ruhende Topf wurde durch eine geräumige Glasglocke von 35 Litre Rauminhalt überdeckt und unten durch ein Gefäss mit Wasser, dem etwas Schwefelsäure beigesetzt wurde, von der äussern Luft vollkommen abgesperrt. Die zur Ernährung der jungen Pflanzen nothwendige Kohlensäure kam denselben durch

den Kohlensäureentwicklungs - Apparat *b* mittelst der gebogenen Röhre *c* zu, und betrug nie mehr als 8 Cubik-Centimeter. Die Samen keimten, wuchsen und erreichten eine Höhe bis zu 30 Centimeter, einige kamen selbst zur Blüthe. Alle Theile waren jedoch etwas kleiner, als bei frei entwickelten Pflanzen, auch waren sie in der Regel missfärbig.

Die Hauptresultate aus sämmtlichen Untersuchungen stellte Boussingault (Ann. des scienc. nat. 4 Sér. 1854 I. p. 290) in folgender Tabelle zusammen.

Name der Pflanzen	Dauer des Versuches	Zahl der ausgesäten Samen	Gewicht der Samen Grm.	Gewicht der geernteten trockenen Pflanze Grm.	Stickstoffgehalt der Samen Grm.	Stickstoffgehalt der Ernte sammt dem Boden Grm.	Gewinn oder Verlust an Stickstoff während der Vegetation Grm.
Zwergbohne ..	2 Monate	1	0·780	1·87	0·0349	0·0340	—0·0009
Hafer	»	10	0·377	0.54	0·0078	0·0067	—0·0011
Stangenbohne.	3 Monate	1	0·530	0·89	0·0210	0·0189	—0·0021
»	»	1	0·618	1·13	0·0245	0·0226	—0·0019
Hafer	2½ Monate	4	0·139	0·44	0·0031	0·0030	—0·0001
Weisse Lupine	6 Wochen	2	0·825	1·82	0·0480	0·0483	+0·0003
»	2 Monate	6	2·202	6·73	0·1282	0·1246	—0·0036
»	7 Wochen	2	0·600	1·95	0·0349	0·0339	—0·0010
»	6 Wochen	1	0·343	1·05	0·0200	0·0204	+0·0004
»	»	2	0·686	1·53	0·0399	0·0397	—0·0002
Zwergbohne ..	2 Monate	1	0·792	2·35	0·0354	0·0360	+0·0006
»	2½ Monate	1	0·665	2·80	0·0298	0·0277	—0·0021
Brunnenkresse	»	3	0·008	0·65	0·0013	0·0013	0·0000
»	»	10	0·026				
Weisse Lupine	5 Monate	2	0·627	5·76	0·1827	0·1697	—0·0130
»	»	8	2·512				

Auch die letzten Untersuchungen Boussingault's (Recherches sur la Végétation. Ann. d. scienc. nat. 4 Sér. 1854. II. p. 357 und Ann. d. Chimie. 3 Sér. XLIII.) bestätigen es, dass der Stickstoff der atmosphärischen Luft keineswegs auf directe Weise von den Pflanzen aufgenommen und assimilirt wird.

Boussingault zeigte zuerst, dass die Entwicklung der Pflanzen selbst in eingeschlossener Luft regelmässig vor sich geht, wenn ihr die zu ihrem Leben nothwendigen Elemente nicht entzogen werden. Er zeigte ferner, dass dieselben in einer eingeschlossenen, jedoch fort und fort erneuerten und von Ammoniak und organischen Substanzen gereinigten Luft den Stickstoff desselben nicht zu gewinnen im Stande sind, ja vielmehr etwas von ihrem eigenen Stickstoffgehalte verlieren; und endlich, dass sie selbst in freier Luft bei Entziehung aller sonstigen stickstoffhältigen Nahrung den Stickstoff derselben nicht zu assimiliren vermögen. Diese Experimente mit Sämlingen von Fisolen, Lupinen, Erbsen, Hafer und Gartenkresse angestellt, lassen in Bezug auf Genauigkeit der Durchführung und der Berücksichtigung aller auf die Frage einflussreichen Umstände nichts zu wünschen übrig. —

Unter den gasförmigen Ausscheidungen der blattartigen und grünen Theile überhaupt, die hier zu betrachten kommen, ist die unter Einwirkung des directen Sonnenlichtes erfolgende Entbindung einer sauerstoffreichen Luft die auffallendste und zugleich wichtigste. Im Wasser untergetauchte grüne Pflanzentheile getrennt oder in Verbindung mit der Pflanze zeigen eine Entwicklung von Luftblasen an ihrer Oberfläche und bei Verletzung der Luftbehälter ein Entströmen derselben aus diesen Organen. Zahlreiche, an Land- und Wasserpflanzen angestellte Versuche (Versuche über Luftausscheidung lebender Pflanzen. Sitzungsber. der k. Akad. d. Wissensch. Bd. X. p. 404) haben mir Folgendes gezeigt:

1. Alle Luftentwicklung der Pflanzen unter Wasser findet nur im Sonnenlichte Statt, vermindert sich bei zerstreutem Tageslichte, und hört bei vollkommenem Mangel desselben völlig auf.

2. Wasserpflanzen von höherer Organisation (Myriophyllum, Potamogeton, Hippuris u. s. w.) entwickeln nicht an ihrer Oberfläche Luft, sondern geben dieselbe nur aus den verletzten Luftgängen von sich. Es findet dabei eine Strömung von den oberen Theilen der Pflanze nach den unteren Statt.

3. Die von der Pflanze im Sonnenlichte ausgeschiedene Luft enthält stets ausser Sauerstoff noch eine grössere oder geringere Menge Stickstoff. Die quantitative Zusammensetzung variirt nicht nur in verschiedenen Pflanzen, sondern in einer und derselben Pflanze nach Umständen.

4. Die aus den Luftgängen und Lücken der Landpflanzen bei ihrer Verletzung hervortretende Luft ist stets ärmer an Oxygen als die atmosphärische Luft.

Betrachtet man die grosse Menge Luftbehälter in dem Gewebe der Pflanzen, die durchschnittlich den vierten Theil ihres Raumes einnehmen (§. 109), ferner die Communication derselben durch die Spaltöffnungen mit der atmosphärischen Luft, so darf uns eine Ausscheidung von Luft, die in ihrer Zusammensetzung sich wenig von jener unterscheidet, nicht wundern.

Directe Injectionsversuche mit Wasser und mit indifferenten im Wasser gelösten Substanzen (Zucker, Gummi), wodurch ohne alle Verletzung sämmtliche Intercellulargänge und luftführenden Räume erfüllt wurden, haben gezeigt, dass selbst bei vollständig gehinderter Transspiration die Absorption mit gleichzeitiger Luftausscheidung schon in der kürzesten Zeit erfolgt, ja dass sie selbst noch bei getrennten Pflanzentheilen unter Wasser vor sich geht. Es hat sich hiebei ausserdem noch ergeben, dass die Luftausscheidung zuerst in der unmittelbaren Nähe der Gefässbündel beginnt, und von da in das übrige Gewebe fortschreitet.

Mit der flüssigen Nahrung, welche die Wurzeln aufnehmen, kommt, wie nicht anders möglich ist, eine grosse Menge dem Wasser beigemengter sauerstoffreicher Luft in das Innere der Pflanze. Indem sie sich von dieser Luft befreit, gibt sie die erste Veranlassung zur Bildung von luftführenden Räumen, und die auf gleiche Weise

in der äussersten Zellgewebsschichte entstandenen Spaltöffnungen setzen die ausgeschiedene Luft mit der Atmosphäre in Verbindung. Diess, so wie der stete Verbrauch von Sauerstoff zu Assimilationsvorgängen bewirkt, dass von den 27—33% Sauerstoff, welche die in den Luftgängen ausgeschiedene Luft enthalten muss, zuletzt nur 20%, ja wohl gar nur 16—10% übrig bleiben, so dass demnach der Stickstoff das Uebergewicht erlangt.

Anders ist es bei Einwirkung des directen Sonnenlichtes. Hier wird alle Kohlensäure in der Umgebung der grünen Pflanzentheile begierig aufgenommen und zersetzt, der Kohlenstoff oder das Kohlenoxydgas desselben assimilirt, der Sauerstoff hingegen ausgeschieden, und mit der durch die Wurzeln und durch die Spaltöffnungen der Blätter aufgenommenen atmosphärischen Luft zugleich ausgeleert, die sich unter diesen Umständen als vorzüglich reich an Sauerstoff beurkunden muss. Die Versuche Th. v. Saussure's haben schon diese Verhältnisse von Aufnahme der Kohlensäure und Ausscheidung von Sauerstoff zu ermitteln gesucht. So haben z. B. in einem Gemenge von atmosphärischer Luft und Kohlensäure (7—10%)

Lythrum salicaria	für . .	7·5	Cubikzoll CO^2	nur 6·13	Cubikzoll O
Pinus genevensis	» . .	15·5	»	» 12·5	»
Mentha aquatica	» . .	15·6	»	» 11·6	»
Opuntia vulgaris	» . .	9·3	»	» 6.4	»
Vinca minor	» . .	21·75	»	» 14·75	»

abgegeben.

Bei Luftentwicklung an Wasserpflanzen spielt die im Wasser nebst der atmosphärischen Luft vorhandene Kohlensäure eine sehr wichtige Rolle, und macht es erklärlich, wie unter gewöhnlichen Verhältnissen die ausgeschiedene Luft stets an Sauerstoff reicher als die atmosphärische Luft gefunden werden muss, ja wo dasselbe von dem Zutritte der Luft abgeschlossen wird, der Sauerstoffgehalt der ausgeschiedenen Luft fortwährend zunehmen muss.

Cloëz et Gradiolet, Recherches expérimentales sur la végétation des plantes submergées Ann. de Chim. et de Phys. 3 Sér. XXXII. p. 41.

Ad. et W. Knop, Ueber die Abhängigkeit der Pflanze von der Atmosphäre. Chem.-pharm. Centralblatt 1851. Nr. 46.
F. Unger, Welchen Ursprung hat das von den grünen Pflanzentheilen ausgeschiedene Stickgas? Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. Bd. X. p. 414.

§. 176. Die bisher betrachteten Vorgänge des Gasaustausches, welche man auch Respirationsvorgänge nennen könnte, finden nur an Blättern und anderen grünen Pflanzentheilen Statt, und gehören der Pflanze als Gesammtorganismus an.

Anders verhält es sich mit den nicht grün gefärbten Pflanzentheilen, als Blumenblättern, Staubgefässen, unreifen Früchten, ferner mit der im Absterben begriffenen Rinde des Stammes und der Wurzel. Auch diese stehen in Wechselwirkung mit der Luft, allein der Einfluss derselben beschränkt sich entweder auf eine blosse Oxydation, oder derselbe ist wenigstens beschränkt und ohne Folge auf die übrigen Prozesse der Pflanze. Im Allgemeinen verhalten sich diese Theile wie die Blätter im Dunkeln, d. i. sie nehmen Sauerstoff auf und hauchen etwas weniger Kohlensäure aus.

Ohne Zweifel als eine von der Integrität des Organismus abhängige Erscheinung ist die Aufnahme und Ausscheidung von Gasen bei Blüthen und Früchten anzusehen. Bei ersteren ist der Verbrauch an Sauerstoff im Allgemeinen viel grösser als an den Blättern, allein diess variirt nach dem Zustande ihrer Entwicklung, noch mehr aber nach den einzelnen Theilen derselben, so dass die Stauborgane die Blumenblätter zuweilen um das Doppelte übertreffen. Das Reifen der Früchte scheint an die Aufnahme von Sauerstoff gebunden zu sein, in Folge dessen Ueberführungen der Assimilationsproducte bei Kohlensäure und Wasserbildung Statt finden. Nach Fremy verwandeln frisch gepflückte fleischige Früchte schnell den Sauerstoff der Luft in Kohlensäure, zerquetschte nicht. Auf diese Weise mögen Amylum und Säuren in Zucker, und umgekehrt, verwandelt werden.

Ein hieher gehöriges passendes Beispiel liefert die reifende

Banane. Die Früchte dieser Pflanze sind vor ihrer vollständigen Reife mehlig, und werden erst zuletzt weich, saftig und süssschmeckend. Untersucht man sie in diesem Zustande, so findet man in den locker zusammenhängenden Zellen nur wenig Stärkemehl, in den meisten derselben sind selbst die letzten Spuren davon schon verschwunden, und haben einer süss schmeckenden Flüssigkeit Platz gemacht. Die Umstände, unter welchen diese Umwandlung des Stärkemehls Statt findet, sind folgende.

Die blosse Einwirkung des Wassers auf die durch den leisesten Druck isolirten Zellen lässt eine Abtrennung des Primordialschlauches von der Innenfläche der dünnen Zellhaut erkennen. Von diesem Primordialschlauche sind zunächst die die Zelle anfänglich vollstopfenden Amylumkörner umgeben. Mit dem Fortgange der Reife werden letztere immer sparsamer, und man bemerkt dann deutlich verschiedene Formen derselben, die von dem Länglichovalen und Plattgedrückten ins Stabförmige übergehen. Während die ersteren gross sind, sind die letzteren klein und sehr klein zu nennen, zeigen jedoch durch ihre schichtenförmige Zusammensetzung, dass sie aus ersteren durch Corrodirung an der Aussenseite entstanden sein müssen. Zugleich hat sich aber in solchen Zellen eine körnige, schleimige und zuckerartige Substanz gebildet. Noch später finden sich immer weniger flaschen- und stabförmige Formen, und solche, die wie geviertheilte Amylumkörner aussehen, zuletzt verschwinden auch diese, der Zellinhalt schmeckt ausgezeichnet süss, die Verwandlung des Amylums in Zucker ist vollständig geschehen.

§. 177. Die Reihenfolge der vegetabilischen Assimilationsproducte ist uns noch völlig unbekannt. Doch scheinen eine grosse Menge derselben als intermediäre Glieder nur eine transitorische Bedeutung zu haben, sie sind aber um so nothwendiger, als ohne dieselben die Pflanze aus den aufgenommenen Nahrungsstoffen nicht zu ihren nothwendigen Bestandtheilen gelangen könnte.

Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Mannigfaltigkeit der Pflanzenstoffe in einem Individuum nur die Folge von dem gleichzeitigen Vorhandensein einer grossen Menge von Verbindungen ist, welche nur einen vermittelnden Zweck haben, und ohne welche dasselbe nicht zu den ihm nothwendigen Substanzen kommen kann. Wenn diese auch der Zahl nach sehr beschränkt sind, so ist es doch den Gesetzen der Chemie zu Folge sehr begreiflich, wie eine fünf-, ja zehnfache Anzahl solcher intermediären Glieder dazu nothwendig ist, und eben so begreiflich, wie sie auch neben einander gleichzeitig vorhanden sein können.

Wie aus den Anfangsgliedern dieser Reihe, nämlich den aufgenommenen Nahrungsstoffen, sich auch nur die nächstfolgenden Glieder bilden, ist schon mehr oder weniger hypothetisch, um wie viel mehr die späteren. Setzen wir die Kohlensäure als das unterste Glied, von der alle Stoffbildung ausgeht, so kann man füglich die Ameisensäure als das erste Product des pflanzlichen Stoffwechsels betrachten. Sie würde auf folgende Weise entstehen:

$CO^2 = C^2O^4$ davon weg C^2
bleibt Kohlenoxyd C^2O^2, dazu H entsteht
Formyl C^2HO^2, dazu O entsteht
Ameisensäure (wasserfrei) $C^2HO^3 = (C^2O^2H)$ O und
» (nicht wasserfrei) $C^2H^2O^4$

Aus Ameisensäure und Kohlensäure kann nun die allerdings sehr verbreitete Oxalsäure ihren Ursprung nehmen.

$C^2H^4 + C^2HO^3$ geben
O H Wasser
C^2O^3 Oxalsäure.

Wie aus der Oxalsäure andere Pflanzensäuren, z. B. Weinsäure ($C^4H^2O^5 + HO$), Apfelsäure ($C^4H^2O^4 + HO$), Citronensäure ($C^{12}H^8O^{14}$), Gerbsäure ($C^{18}H^5O^9 + 3HO$), Gallussäure ($C^{14}H^2O^6 + 4HO$) u. s. w. hervorgehen, setzt schon mehreres, bisher noch nicht Beobachtetes voraus, vollends erst die Entstehung der indifferenten Kohlehydrate, die fast alle unter die Formel $C^{12}H^{10}O^{10}$ fallen, und wozu Dextrin, Gummi, Moosstärke, Pflanzengallerte, Pflan-

zenschleim, Tragantschleim, Stärke, Zucker und Cellulose gehören. Ohne Zweifel erfolgt die Entstehung albuminöser Substanzen (Proteïn) noch viel später, denn als hochzusammengesetzte Körper, die ausser C.H.O. auch noch N und S enthalten, können sie erst gebildet werden, wenn Kohle, Wasserstoff und Sauerstoff haltende Verbindungen bereits erzeugt sind, und mit schwefel- und stickstoffhaltigen Substanzen in Wechselwirkung treten. In der That finden sie sich in grösserer Menge erst in den Samen der Pflanzen, die gewissermassen als das Endproduct des vegetativen Stoffwechsels zu betrachten sind, und wie lange eine sich entwickelnde Pflanze mit diesem Vorrathe auszulangen vermag, zeigen die oben angeführten Versuche von Boussingault. Der Bedarf von Ammoniak als Pflanzennahrung ist daher weniger auf die ganze Bildungszeit der Pflanze ausgedehnt, als auf eine spätere Entwicklungsperiode beschränkt, und daher das Aussaugen des Bodens durch die Fruchtreife erklärlich.

Mit der Bildung der Pflanzensäuren ist aber zugleich die Neutralisirung derselben für die weiteren Vorgänge des Stoffwechsels unumgänglich nothwendig. Die aus dem Boden aufgenommenen Basen bringen die erste und dringendste Abhülfe; sie sind der Pflanze eben so nothwendig wie Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Eben so können albuminöse Materien ohne phosphorsaure Salze nicht entstehen, weil sie erst durch diese löslich werden und sonach weiter geführt werden können.

Schwefelsaure Salze sind für Schwefelverbindungen nothwendig, eben so Kieselsäure, welche aus ihren Verbindungen in die Zellwände vieler Pflanzen, vorzüglich aber der Gramineen, niedergeschlagen wird, und so deren Festigkeit bedingt. Kommt eine Lösung von schwefelsaurem Kalk in eine Zelle, welche freie Oxalsäure oder oxalsauern Ammoniak enthält, so entsteht oxalsaurer Kalk, der unlöslich ist und krystallisirt herausfällt, während das schwefelsaure Ammoniak weiter geführt wird. Eben so werden sich kieselsaures Kali und saure Salze organischer Säuren zersetzen und Kieselsäure ausscheiden.

Es braucht nicht erwähnt zu werden, dass alle Ammoniaksalze, Gyps u. s. w., im reinen Wasser, phosphorsaurer Kalk, kohlensaurer Kalk dagegen in kohlensäurehältigem Wasser löslich sind, und daher von den Wurzeln aufgenommen werden können.

Von nicht geringer Bedeutung für den ersten Anstoss zu den Assimilationsvorgängen ist der Zustand der Körper, dessen sich die Pflanzenwurzeln bei ihrer Aufsaugung bemächtigen. Die meisten befinden sich im statu nascente, und dass die sich zersetzenden organischen Materien eine Quelle fortdauernder Entstehung solcher Körper ist, welche die Pflanze zu ihrer Nahrung bedarf, erklärt die Wichtigkeit der humosen Substanzen für die Ernährung der Pflanzen. Wenn organische Körper verwesen, entsteht Kohlensäure, Wasser und Ammoniak, und die unorganischen Stoffe gehen dabei in lösliche Verbindungen über. Aber eben diese Producte der Oxydation des Humus sind zugleich Nahrungsmittel der Pflanzen. Ueberdiess wirkt der Humus auch noch durch Condensation des Ammoniaks und des Wasserdunstes der Luft.

Ebenso, wie der verwesende Humus, können auch die verwitternden Felsarten mittelbar als Pflanzennahrung angesehen werden.

J. Liebig, Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. 1840. 8.

F. Rochleder, Phytochemie. 1854. 8.

IV. Abschnitt.

Von den Secretionserscheinungen.

§. 178. Mit der Zusammensetzung des Pflanzenbaues nehmen auch die in der Pflanze enthaltenen Substanzen an Mannigfaltigkeit zu. Hieran haben die Se- und Excretionsstoffe, welche sowohl von einzelnen Zellen als von grösseren oder kleineren Gruppen derselben abgeschieden werden, einen nicht unbedeutenden Antheil. Nur wenn dieselben ausschliesslich als ausschei-

dende Organe oder als Träger von Secretionsstoffen dienen, werden sie Secretionsorgane genannt.

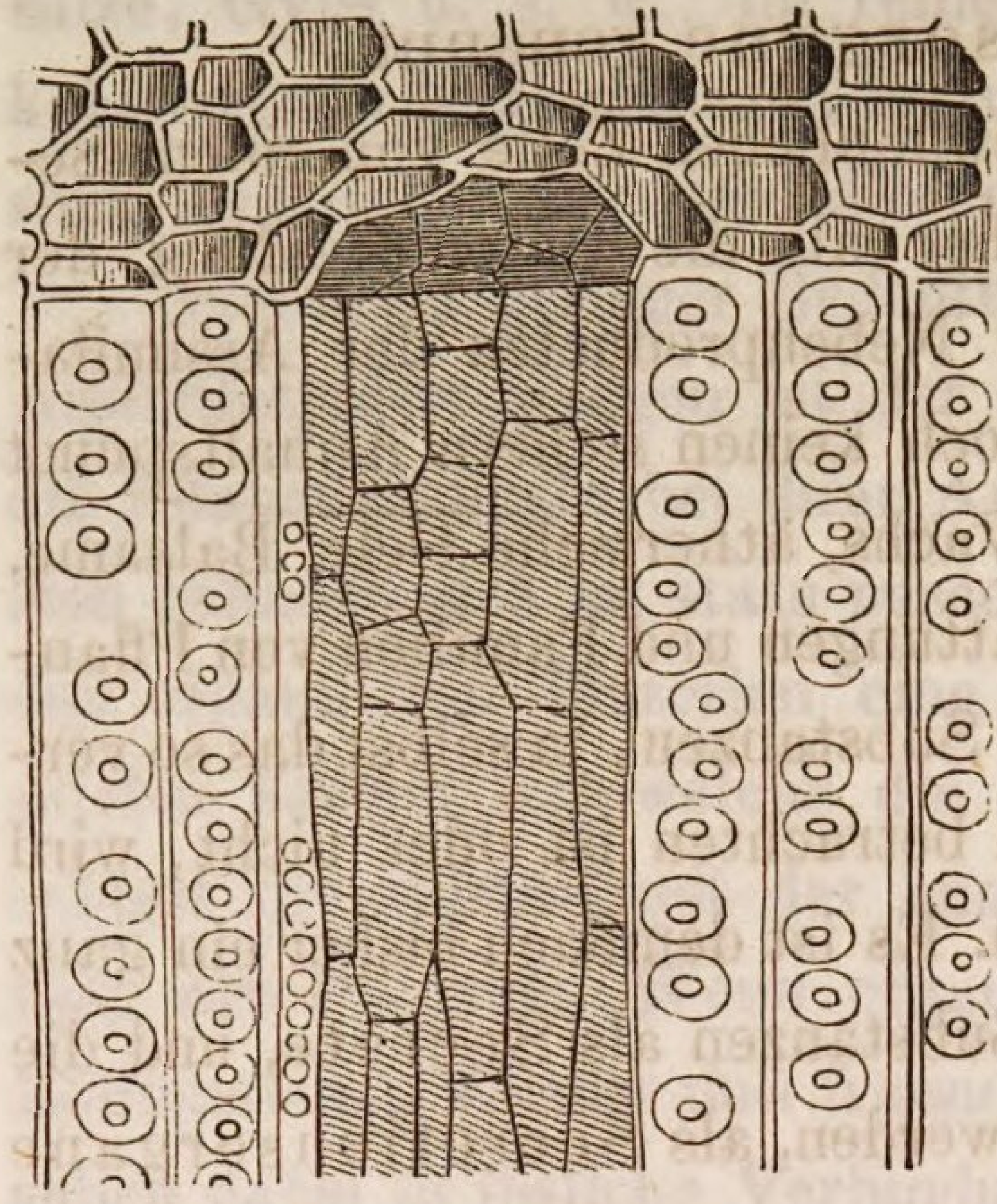
Die Unterscheidung einer gewöhnlichen Zelle von einem Secretionsorgane ist eben so unsicher als die Unterscheidung der Assimilationssubstanzen von den Nebenproducten der Assimilation. Bis jetzt hat die Chemie noch keinen sichern Anhaltspunct an die Hand gegeben. Ob Fett, Wachs, ätherische Oele, Balsame, Harze u. s. w., ob die auf viele Gattungen und Familien von Pflanzen beschränkten eigenthümlichen Substanzen, ja selbst das so verbreitete Chlorophyll als Secret zu betrachten ist oder nicht, wird nicht so leicht zu entscheiden sein. Es ist demnach bisher ein ganz willkürliches Verfahren, gewisse Substanzen als Secrete, und die Organe, durch welche sie gebildet werden, als Secretionsorgane zu betrachten.

Im Allgemeinen kann zwar jede Zelle als Secretionsorgan dienen, doch bezeichnen wir sie nur dann als solches, wenn sowohl ihr Bau als ihr Inhalt von dem Baue und dem Inhalte der gewöhnlichen Zellen abweicht. Solche Zellen werden, wenn sie einzeln auftreten, einfache Drüsen, wenn sie aber zu kleineren oder grösseren Gruppen vereinigt sind, zusammengesetzte Drüsen genannt. Sind die Drüsen im Innern der Pflanzensubstanz enthalten, so können sie als innere Drüsen, im entgegengesetzten Falle an der Oberfläche vorkommend, als äussere Drüsen bezeichnet werden (§. 113).

§ 179. Die verschiedenen Aussonderungen, welche man in einzelnen Zellen und Zellgruppen wahrnimmt, werden zunächst durch die von allen Theilen der Zelle unterhaltenen Prozesse bewerkstelliget, dabei ist es aber für sie ganz gleichgiltig, ob die Secretionsmaterien im Innern der Zelle abgelagert oder über ihre individuelle Grenze hinausgeschafft werden (Excrete).

Die Erfahrung lehrt, dass dasselbe Secret, z. B. Harz, sowohl innerhalb gewisser Zellen (harzführende Zellen) als ausser-

Fig. 119.



halb von harzausscheidenden Zellen in Harzgängen vorkommen kann. Während diese in den Blättern und in der Rinde erscheinen, kann man jene im Holze wahrnehmen. Mehrere Nadelhölzer liefern dafür zahlreiche Beispiele. So lässt sich unter andern das Harz führende Organ im Holze von Pinus Cembra *(Fig. 119)* sehr leicht durch die Form der Zellen und die Zartheit ihrer Membranen unterscheiden, und es lässt sich daraus wohl ein Schluss auf die ursprüngliche Bestimmung derselben im Gegensatz zu den dickwandigen spindelförmigen Holzzellen ziehen. Aehnliches findet sich in den mannigfaltigsten Secretionsorganen sowohl im Innern der Pflanzen als an der Oberfläche derselben. Immer sind diese letztern durch die verhältnissmässige Kleinheit der Zellen, durch die Zartheit ihrer Membranen, so wie durch den Mangel alles festen und geformten Inhaltes ausgezeichnet, und scheinen darin alle Eigenschaften zu vereinen, die sie zur Ausführung ganz besonderer chemischer Prozesse tauglich machen.

Nicht blos bei den innern Drüsen kommen die Secretionssubstanzen theils innerhalb der secernirenden Zellen, theils ausserhalb derselben in Intercellulargängen (Secretionsbehältern) vor, sondern besonders bei den äussern Drüsen, namentlich den Drüsenhaaren. Dieselbe Substanz erfüllt häufig nicht blos die Zellen des secernirenden Organes, sondern wird noch überdiess auf die äussere Fläche ihrer oberflächlichen Zellen abgeschieden.

Fig. 119. Ein Stückchen aus dem Holze von *Pinus Cembra*, mit einem Harzgange *a*. Vergr. $^{333}/_{1}$.

Secretionsorgane finden sich in allen Theilen der Pflanzen, von der Wurzel bis zu den Samenhüllen. Sie enthalten die verschiedenartigsten, meistens überdiess noch sehr zusammengesetzten Producte. Besonders sind sie jedoch den peripherischen Orga- (der Rinde der Wurzel und des Stammes, den Blättern u. s. w.) eigen, und enthalten in gewissen Pflanzen und Gruppen von Pflanzen eigenthümliche Substanzen. In wie weit jedoch diese characterisirenden Verbindungen selbst unter den verschiedensten Pflanzen im Zusammenhange stehen, geht aus folgender, von Rochleder gegebenen Zusammenstellung hervor.

Es enthalten die Blätter von

Rubia tinctorum:		*Arctostaphylos offic.:*		*Pinus silvestris:*	
Rubitansäure	$C^{12}H^{8}O^{9}$	Gallussäure ...	$C^{14}H^{6}O^{10}$	Pinotansäure ...	$C^{14}H^{8}O^{8}$
Rubichlorsäure	$C^{14}H^{8}O^{9}$			Oxypinotansäure	$C^{14}H^{8}O^{9}$
Citronensäure .	$C^{12}H^{8}O^{14}$	Citronensäure .	$C^{12}H^{8}O^{14}$	Citronensäure . .	$C^{12}H^{8}O^{14}$

$$\text{Arbutin}\left\{\begin{array}{c}\underbrace{C^{20}H^{10}O^{7}}_{\text{Arctuvin}}\\ \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{Zucker}}\end{array}\right. \qquad \text{Pinipicrin}\left\{\begin{array}{c}\underbrace{C^{20}H^{16}O^{2}}_{\text{Ericinol}}\\ \underbrace{2(C^{12}H^{10}O^{10})}_{\text{Kohlehydrat}}\end{array}\right.$$

$$\text{Ericolin(?)}\left\{\begin{array}{c}\underbrace{C^{20}H^{16}O^{2}}_{\text{Ericinol}}\\ \underbrace{4\,(C^{12}H^{10}O^{10})}_{\text{Kohlehydrat}}\end{array}\right.$$

überdiess Wachs, Chlorophyll, Eiweiss und Cellulose.

§. 180. Die wichtigsten Stoffe, welche durch die verschiedenen Secretionsorgane der Pflanzen abgeschieden werden, sind Luft, Wasser, Gummi, Zucker, verschiedene ätherische Oele, Balsame, Harze, Gummiharze u. s. w., ausserdem noch mehrere unorganische Verbindungen in der Form von unlöslichen Salzen.

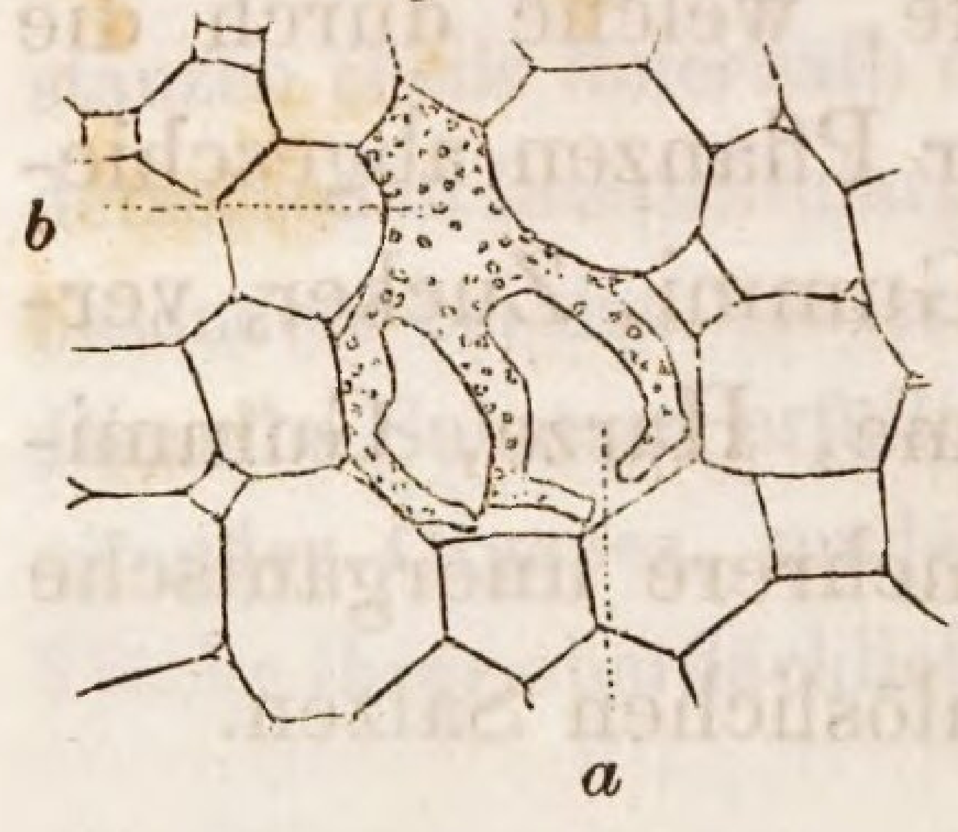
Nicht immer sind die Secrete von der Art, dass sie für die individuellen Zwecke der Pflanze nicht mehr verwendbar wären; insbesonders gilt diess für gewisse Assimilationssubstanzen. Ihre

Ausscheidung kann nur die Folge von allgemeiner oder örtlicher Ueberladung mit Nahrungsstoffen und äusserer (durch Licht, Temperatur u. s. w.), ihre Entstehung begünstigender Einflüsse sein.

§. 181. Obgleich fast jedes Elementarorgan und jeder Pflanzentheil in einem gewissen Alter zur Luftsecretion geneigt ist, so findet diess dennoch vorzüglich nur in Zellen Statt, welche Lufthöhlen und Luftgänge begrenzen, und in solchen Zellen, welche eigene für periodische Luftsecretion eingerichtete Organe zusammensetzen.

In der ersteren Zeit sind alle ein Gewebe bildenden Zellen durch Intercellularsubstanz aufs innigste mit einander verbunden. Erst im Verlaufe des Wachsthums tritt mit der Consumtion der Zwischenzellensubstanz Luft an ihre Stelle, die nur durch Secretion von den angrenzenden Zellen dahin gelangen kann. Die vermehrte Ausscheidung bringt den anfänglich noch sehr schmalen Intercellulargang zu immer grösserer Ausdehnung, und es entsteht daraus ein luftführender Gang, ein Canal oder ein Luftraum. Die Verfolgung der Entwicklungsgeschichte jedes luftführenden Raumes bestätigt die angeführte Entstehungsweise. In manchen Fällen dürfte jedoch die Luftausscheidung in der That nur von gewissen Zellen ausgehen, die sich dadurch auch von allen übrigen nachbarlichen Zellen auszeichnen.

Fig. 120.



Im Blattstiele von Nuphar luteum lässt sich die Entstehung der Luftcanäle nur an jenen Stellen beobachten, wo sich aus einer Parenchymzelle, eine verzweigte Zelle, ein sogenanntes Sternhaar, entwickelt *(Fig. 120)*.

Fig. 120. Parenchym aus dem Blattstiele von *Nuphar luteum.* *a* Entstehender Luftcanal, bedingt durch die Entwicklung einer Zelle zum Sternhaar *b*. Vergr. $^{150}/_{1}$.

Zu den Luft secernirenden Organen gehören vorzüglich die unter Wasser befindlichen Blasen (Ampulae) der Utricularien, durch deren Anfüllung mit Luft diese Pflanzen zur Blüthezeit nach und nach in die Höhe gehoben werden, vielleicht auch die blasenförmigen Organe mehrerer Algen (Fucus vesiculosus, Fucus nodosus, Sargassum pyriferum, Sargassum antarcticum u. s. w.), wodurch sie im Wasser zu schwimmen vermögen. In allen Fällen ist die von den Pflanzen durch solche Organe ausgeschiedene Luft von der atmosphärischen Luft wenig verschieden. Der Mehr- oder Mindergehalt an Sauerstoff und Kohlensäure ist zumeist von den verschiedenen Zuständen, in welchen sich die Pflanze befindet, abhängig.

Häufig findet man im Innern der Pflanzen noch umfangsreichere luftführende Räume, die eben nur durch Ausscheidung einer grösseren Menge von Luft zu dem geworden sind. Dahin gehören die hohlen Stengel vieler Umbelliferen, Gräser, Synanthereen u. s. w., eben so die Früchte mancher Pflanzen. Die Luft in den Hülsen des Blasenstrauches (Colutea arborescens) ist nach den darüber angestellten Untersuchungen sowohl an Kohlensäure als an Sauerstoff reicher als die atmosphärische Luft; dabei variiren die Quantitäten derselben so, dass Kohlensäure bei Nacht, Sauerstoff bei Tag häufiger ist, beide sich daher stets im umgekehrten Verhältnisse zu einander befinden.

Was die Luft in den Lücken der hohlen Stengel und Blattstiele, z. B. von Heracleum, Angelica, Ricinus, Dahlia, Cucurbita u. s. w., betrifft, so enthält sie immer mehr Kohlensäure als die atmosphärische Luft, dabei ist sie jedoch bedeutend ärmer an Sauerstoff. Sowohl die Menge von Kohlensäure als von Sauerstoff nimmt bei Nacht zu. Zuweilen findet sich auch Ammoniak in derselben.

§. 182. Das Wasser wird tropfbar flüssig entweder von eigenen, unter der Oberhaut der Blätter befindlichen Drüsen abgesondert, und durch Ausführungsgänge

nach aussen entleert, oder es findet eine Ausscheidung desselben durch das Zellgewebe Statt, ohne dass ein eigener Drüsenapparat dabei nöthig ist.

Mit Uebergehung der Ausscheidung dunstförmigen Wassers, worüber das Nöthige bereits §. 173 beigebracht ist, soll hier nur von der Excretion tropfbar flüssigen Wassers die Rede sein.

Viele Pflanzen aus den verschiedensten Familien, wie Nepenthes destillatoria, Sarracenia purpurea und andere Arten, Cephalotus folicularis, Dischidia Rafflesiana und Darlingtonia californica Torrey, besitzen eigene blattartige Organe, Schläuche (ascidia), die zur Absonderung nicht geringer Mengen Wassers dienen, welches meist in denselben angesammelt bleibt. Bisher ist weder der Drüsenapparat anatomisch gehörig untersucht, noch sind die Bedingungen der Ausscheidung des Wassers erforscht. So viel geht jedoch durch den natürlichen Standort dieser merkwürdigen Pflanzen hervor, dass sie periodisch grosse Quantitäten Wassers zur Unterhaltung ihres Lebens bedürfen. Dass das ausgeschiedene Wasser nicht rein, sondern mit verschiedenen organischen und unorganischen Verbindungen geschwängert ist, hat Völker (Ann. of nat. hist. sec. ser. IV. p. 128) gezeigt. Er fand in der von Nepenthes abgesonderten Flüssigkeit 0·27 bis 0·92 % fester Substanzen, die aus Citronensäure, Apfelsäure, Chlor, Kali, Natron, Kalk und Bittererde bestanden.

Nicht selten erfolgt die Ausscheidung tropfbar flüssigen Wassers auch an verschiedenen andern Pflanzen, jedoch immer nur durch die Spitzen und Sägezähne der Blätter. Die Blätter der Musa-Arten, der Richardia aethiopica, des Arum Colocasia und Caladium destillatorium (Ann. of nat. hist. sec. ser. I. p. 188), der Gräser und vieler Monocotyledonen überhaupt, sind diessfalls bereits ein Gegenstand der Beobachtung gewesen, aber auch bei vielen andern Pflanzen, namentlich bei Tropaeolum, Impatiens Noli tangere, Brassica oleracaea, B. botrys u. s. w., ist dieses Phänomen beobachtet worden.

Diese letztere Wasserausscheidung, die man leicht mit dem Thaue verwechseln kann, dürfte indess viel allgemeiner vorkommen. Trinchinetti glaubt, dass sie durch kleine Drüschen (glandulae periphyllae) bewerkstelligt werden, während bei Arum ein am Blattrande verlaufender und sich an der Blattspitze mündender Canal, der mit kleinen Canälen der Blattsubstanz in Verbindung steht, als das aussondernde Organ bezeichnet wird (Schmidt). Es versteht sich von selbst, dass auch dieses Wasser, welches zuweilen in grosser Menge ausfliesst (aus dem Blatte von Caladium destillatorium über Nacht etwa $^1/_2$ Pinte), niemals reines Wasser ist. Ueberfüllung der Pflanze mit wässeriger Nahrung scheint die Ursache dieser vermehrten, meist nur periodischen Ausscheidung zu sein, die in manchen Fällen auch künstlich hervorgerufen werden kann.

Ch. L. Treviranus, Ueber den Bau der Schläuche von Nepenthes destillatoria. Zeitschr. f. Physik. III. p. 73.

Gärtner, Flora. 1842. I. Beiblätter.

Dr. Schmidt, Ueber die Ausscheidung von Flüssigkeiten an der Blattspitze von Arum Colocassia. Linnaea. Bd. VI. p. 65.

F. Meyen, Ueber die Secretionsorgane der Pflanzen. Berlin, 1837. 4.

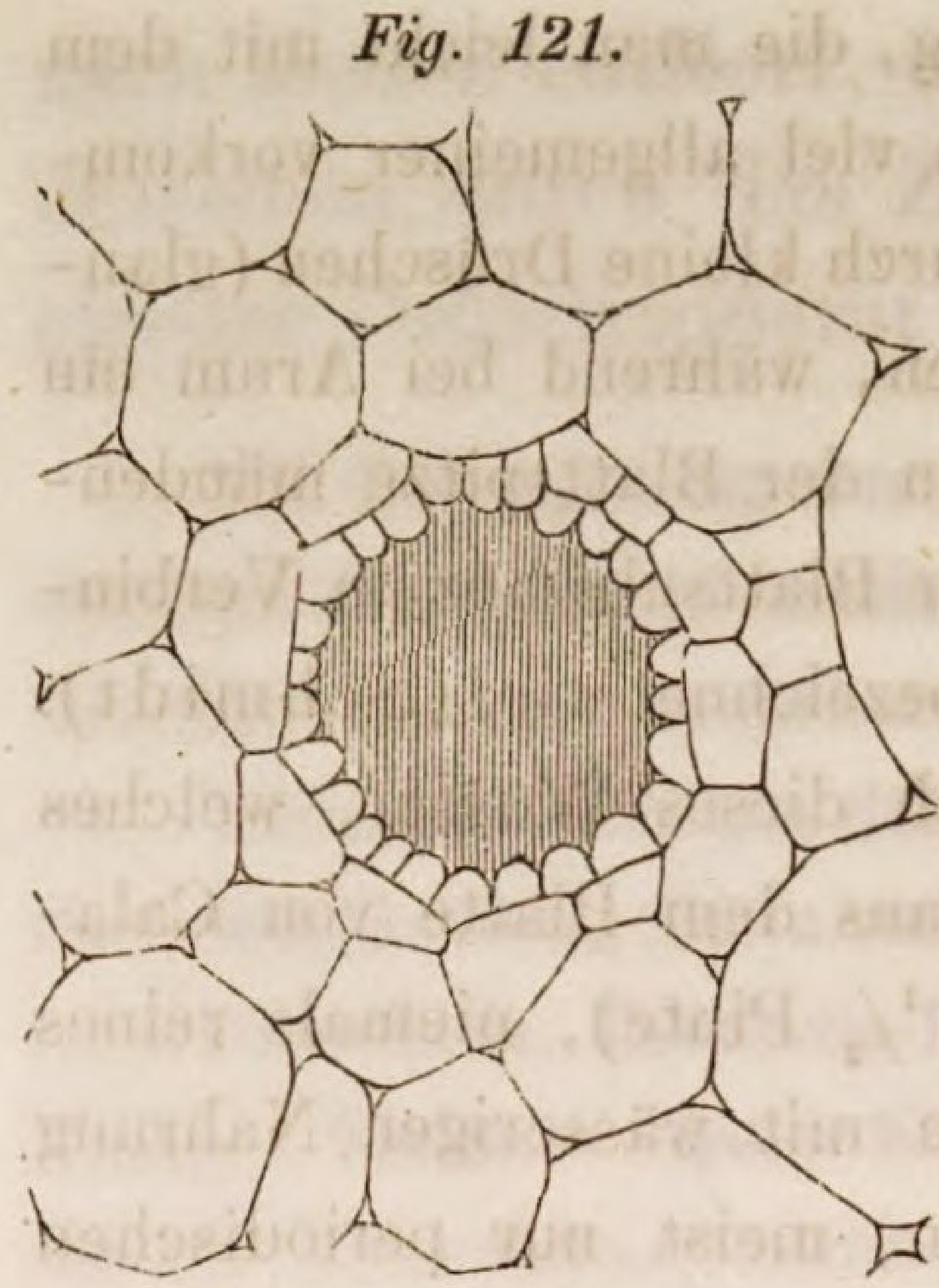
R. Graf, Beobachtungen über das Erscheinen von Wassertröpfchen an den Blättern einiger Pflanzen. Flora, 1840. Nr. 28.

Trinchinetti, Ueber eine noch nicht beschriebene Function der Pflanze. Linnaea. XI. Literaturbl. p. 66.

§. 183. Das Gummi wird, wo es unvermengt und in grösserer Menge auftritt, stets in eigenen Secretionsorganen, den Gummigängen, abgesondert. Dieselben befinden sich oft zahlreich im Stamme und in den Blättern von Pflanzen.

Nirgends finden sich die Gummigänge so allgemein verbreitet, als in der Familie der Cycadeen, deren lebende sowohl als fossile Gattungen in allen Theilen reichlich damit versehen sind. *(Fig. 121.)*

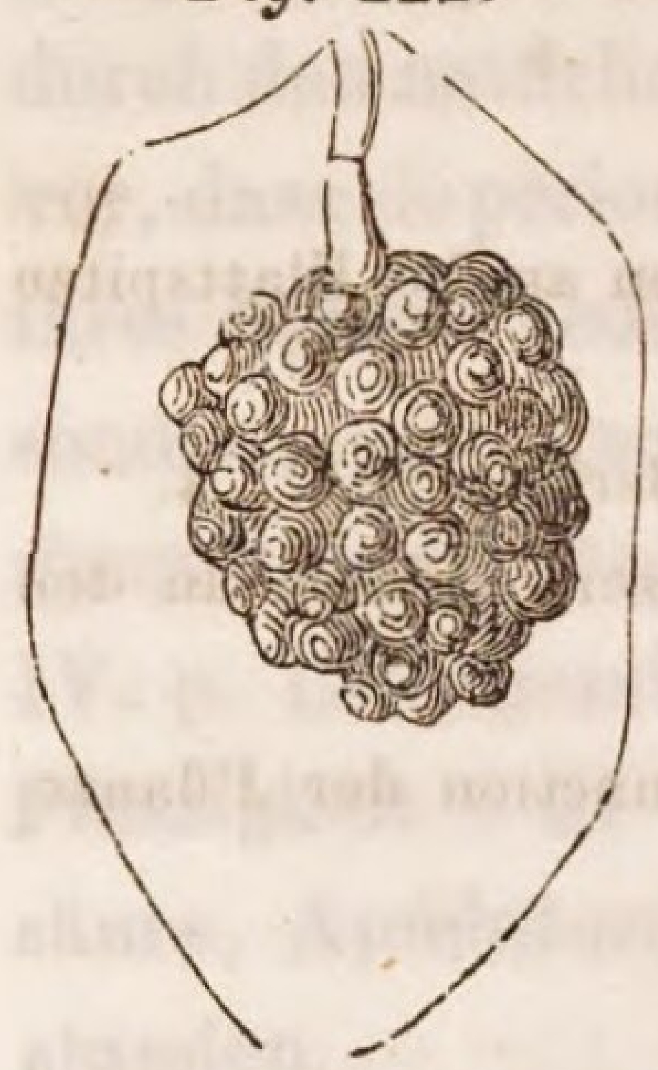
Fig. 121.



Reich an Gummigängen ist ferner auch die Rinde mehrerer Bäume, wie der Acacia vera Willd., A. arabica Willd., A. gummifera Willd., A. Seyal Del., A. nilotica Del., die das arabische Gummi, und des Prunus avium, die das Kirschgummi liefert. Durch Ueberfüllung und Berstung derselben wird der flüssige Inhalt nach aussen ergossen und verursacht den sogenannten Gummifluss.

Ueber die Gallerte absondernden Zellen im Parenchyme der Cacteen hat Schleiden in seiner Abhandlung über die Anatomie der Cacteen Näheres angegeben.

Fig. 122.



Hieher gehören auch die sogenannten Gummikeulen, von denen bereits §. 56 Erwähnung geschah *(Fig. 122)*. Dieselben finden sich in den Blättern mehrerer Ficus-Arten und vieler anderer Pflanzen, haben eine kugelförmige oder längliche Gestalt, hängen mit dem fadenförmigen Stiele an der äussern Wand der grossen oberflächlichen Zellen, worin sie sich nach und nach bilden. Die Substanz ist anfänglich weich und löset sich im kochenden Wasser auf, oder quillt wenigstens bedeutend an; auf gleiche Weise wirken auch Mineralsäuren ein. Zuweilen wird die Keule unregelmässig gestaltet und selbst verzweigt. Bei Ficus bengalensis ist sie traubenförmig und mit verzweigten Hervorragungen besetzt. In den einfachen Formen sieht

Fig. 121. Querschnitt durch einen Gummigang des Blattstieles von *Cycas circinalis*. Vergr. $^{150}/_1$.

Fig. 122. Eine an der oberen Blattseite von *Ficus elastica* liegende und isolirt dargestellte Zelle mit einer Gummikeule und den daran sitzenden krystallinischen Massen. Vergr. $^{270}/_1$.

man die schichtenweise Anlagerung der Substanz, wodurch sie sich allmälig vergrössern; zuletzt überzieht ihre Oberfläche eine krystallinische Masse von kohlensaurem Kalk, die ihr mit ihren Spitzen und Zacken die Gestalt eines Morgensternes gibt. Auch an den vollkommen ausgebildeten Keulen kann man durch Wegschaffen der krystallinischen Massen mittelst Auflösungsmittel die Schichtung der ursprünglichen Substanz noch immer deutlich erkennen.

Dergleichen Absonderungen, die Payen (Mém. prés. par des savants à l'académ. roy. Tom. 8. 1843, und Mém. sur les développements des végétaux. Paris, 1842) Concretionen nennt, finden sich nach ihm auch in Juglans regia, Parietaria officinalis, Urtica nivea, Morus nigra, Ficus reclinata, Citrus limonium, Conocephalus naucleifolius, Broussonetia papyrifera, Humulus Lupulus, Arum Colocassia u. s. w., was Andere und auch ich bestätigt haben. Sie bestehen nach Payen aber nicht aus Gummi, sondern sind von einer Verlängerung der Substanz der Cellmembran gebildet, deren freies, in die Zellhöhlung vorspringendes Ende mit einem zarten Gewebe umkleidet ist, in dessen Höhlungen die Absonderung von kohlensaurem Kalke Statt finden soll. Die deutliche Gliederung des Stieles und der bestimmte Ansatzpunct an der Zellmembran gibt dieser Ansicht wenig Unterstützung.

Obgleich die Formen dieser Secretionsmassen im Allgemeinen sphäroidisch sind, weichen sie doch bei mehreren Urticeen, und namentlich bei Acanthaceen, ins Oblonge und Lineare ab, bilden zuweilen einen Bogen, oder gehen in die Gestalt eines Hufeisens über. Ein Stiel fehlt nie. Auf die Epidermiszellen beschränkt, erheben sich die sie enthaltenen Zellen jedoch nur höchst selten in Form von Haaren über dieselbe.

Neuerlichst hat H. A. Weddel, der diese Concretionen Cystolithen nennt, durch die Beschreibung einiger noch unbekannter Formen aus Boehmeria, Pilea u. s. w. bereichert. (Sur les Cystolithes ou concrétions calcaires des Urticées et d'autres végétaux. Ann. des scienc. nat. 4 Sér. II. 1854 p. 267. 1 tab.)

§. 184. Auch Zucker wird im gelösten Zustande sehr häufig von den Pflanzen abgeschieden. Bei Verdunstung des Wassers erscheint er zuweilen sogar in krystallinischer Form. Dieser Secretion stehen in der Regel eigene Organe in der Blüthe, die sogenannten Nectarien, vor; seltener bewirken drüsenartige Apparate, die, obgleich sie oberflächlich liegen, dennoch grösstentheils im Zellgewebe versenkt sind, die Abscheidung zuckerhältiger Säfte. Der von den Nectaren abgesonderte Zucker ist nie Rohrzucker sondern Traubenzucker.

Die am häufigsten vorkommenden zuckerabsondernden Organe sind die in den Blüthen der Pflanzen unter der mannigfaltigsten Form erscheinenden Nectarien; ausserdem werden zuckerartige Säfte besonders reichlich auch aus der Rinde mehrerer Bäume und Sträucher, z. B. der Manna-Esche, mehrerer Tamarix-Arten, ja selbst unter gewissen Bedingungen an den Blättern von mancherlei Bäumen und zwar nur an ihrer Oberseite abgesondert. Im letzteren Falle dürfte dieser Vorgang eher als ein krankhafter bezeichnet werden (Honigthau).

Ganz eigenthümlich sind die zuckeraussondernden Drüsen der Blätter mehrerer Acacia-Arten (Acacia longifolia, latifolia, melanoxylon, longissima, obtusata, myrtifolia, striata u. s. w.), des Clerodendron fragrans, viscosum, Viburnum Tinus u. s. w. gebaut. Bei ersteren findet sich die Zuckerdrüse an der Basis des Phyllodiums, in dessen Parenchym sie eingesenkt ist. Man kann ihre Gestalt bohnenförmig nennen; ihr Durchmesser beträgt ein Drittel des Theiles, in dem sie sich befindet. Ein ziemlich weiter Ausführungsgang entleert die in ihrer mittleren Höhlung abgesonderte Flüssigkeit nach aussen, was nur zur Zeit der Blüthe im Frühlinge geschieht. — Etwas verschieden sind die Zuckerdrüsen der letzteren gebaut, aber bei allen kann man die Verbindung derselben mit

einzelnen Zweigen der Gefässbündel verfolgen, die ihnen demnach die rohen Säfte in grösserer Menge zuführen müssen.

L. Ch. Treviranus, Ueber süsse Ausschwitzungen der Blätter. Verm. Schriften. IV. p. 87.

F. L. v. Schlechtendal, Ueber den Zucker auf den Blättern. Bot. Zeit. 1844. p. 6.

F. Unger, Ueber Zuckerdrüsen der Blätter und einige von den Blättern überhaupt ausgehende Zuckerabsonderungen. Flora, 1854. Nr. 41.

§. 185. Die flüchtigen Oele, deren es eine ungemein grosse Zahl gibt, werden sowohl von äusseren als von inneren Drüsen abgesondert, die in allen Pflanzentheilen vorkommen können. Selten wird von einer Drüse nur eine Art Oel abgesondert, in der Regel sind es Mengungen mehrerer unter einander, oder Oele mit andern Substanzen (Harze, Balsame, Campher, Pflanzenbasen u. s. w.).

So häufig die ätherischen Oele in der Pflanzenwelt verbreitet sind, so mannigfaltig ihre Natur und Zusammensetzung und so wichtig ihre Anwendung ist, so kann man ihre Bekanntschaft bis jetzt nur eine mehr empirische als wissenschaftliche nennen. Fast jede Familie von Pflanzen, ja selbst die meisten Gattungen besitzen in irgend einem Theile ein Organ für die Bildung eines flüchtigen Oeles, und wäre es auch nur eine einzelne Zelle in Mitte anderer. Die wenigsten sind ihrer Zusammensetzung nach bekannt, für die meisten existirt noch nicht einmal ein Name. Die Chemie hat sauerstofffreie von sauerstoffhältigen und schwefelhältigen unterschieden. Ueber ihre Bildung lässt sich noch nichts mit Sicherheit behaupten. Liebig (die org. Chemie pag. 62) hält dafür, dass die ätherischen Oele unmittelbar aus Kohlensäure und Wasser entstehen, wobei Sauerstoff ausgeschieden wird, ohne jedoch für diese Ansicht nähere Thatsachen beizubringen.

Die verschiedenartigen permanenten Gerüche, welche die Pflanzen besitzen, rühren vorzüglich von diesen sich leicht verflüch-

tigenden Aussonderungen, besonders wenn sie den oberflächlichen Pflanzentheilen angehören, her. Beispiele geben die Hautdrüsen und Drüsenhaare der Pflanzen, wie die wohlriechenden Hautdrüsen an der Ober- und Unterseite des Blattes von Plectranthus fruticosus (*Fig. 123*) und die Drüsenhaare von Dictamnus albus, welche ein stark riechendes Oel in ihrem Innern absondern (*Fig. 124*).

In andern Fällen, wo die Drüsenapparate und die Saftbehälter mehr im Innern der Pflanzensubstanz verborgen sind, bedarf

Fig. 123.

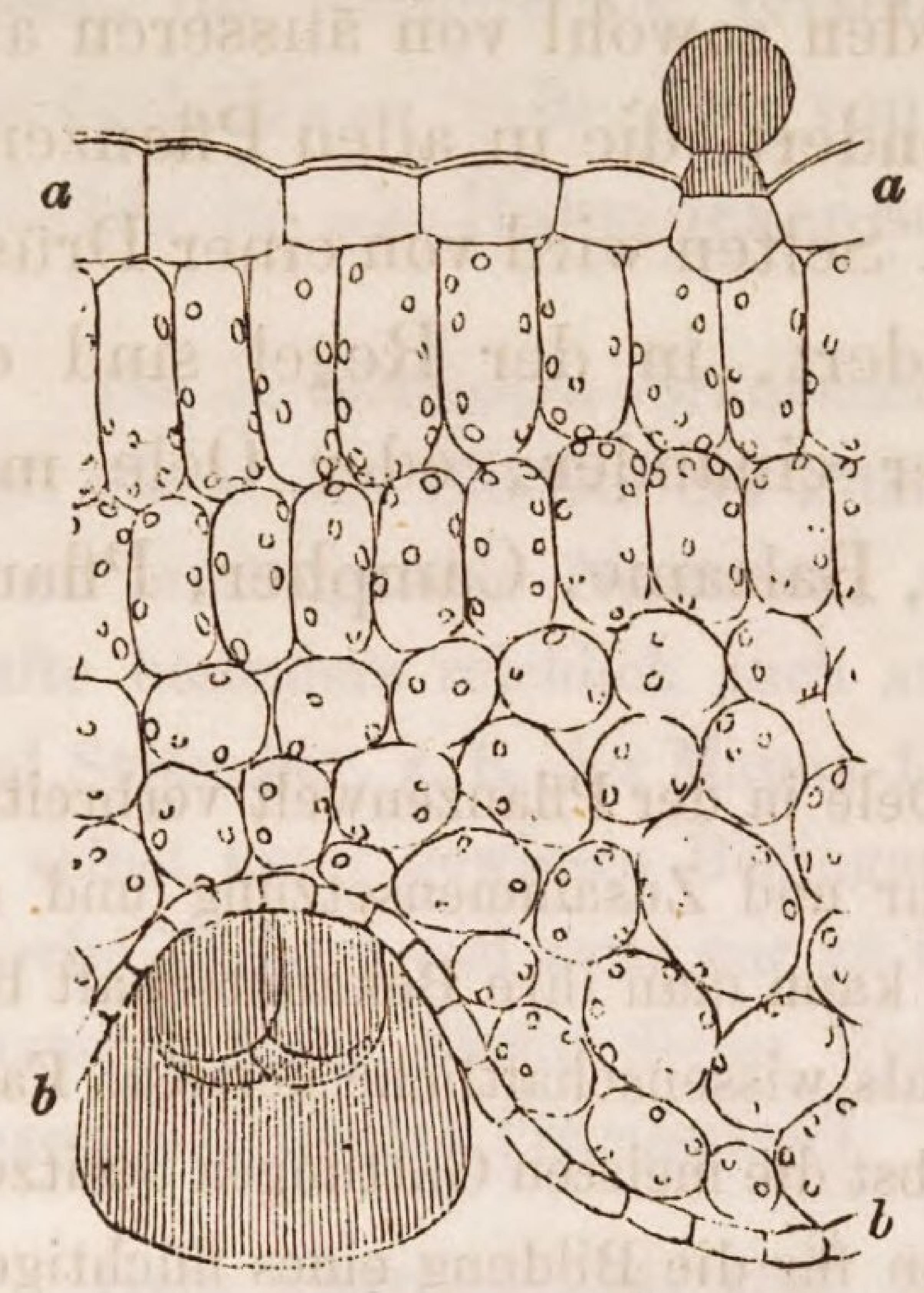


Fig. 124.

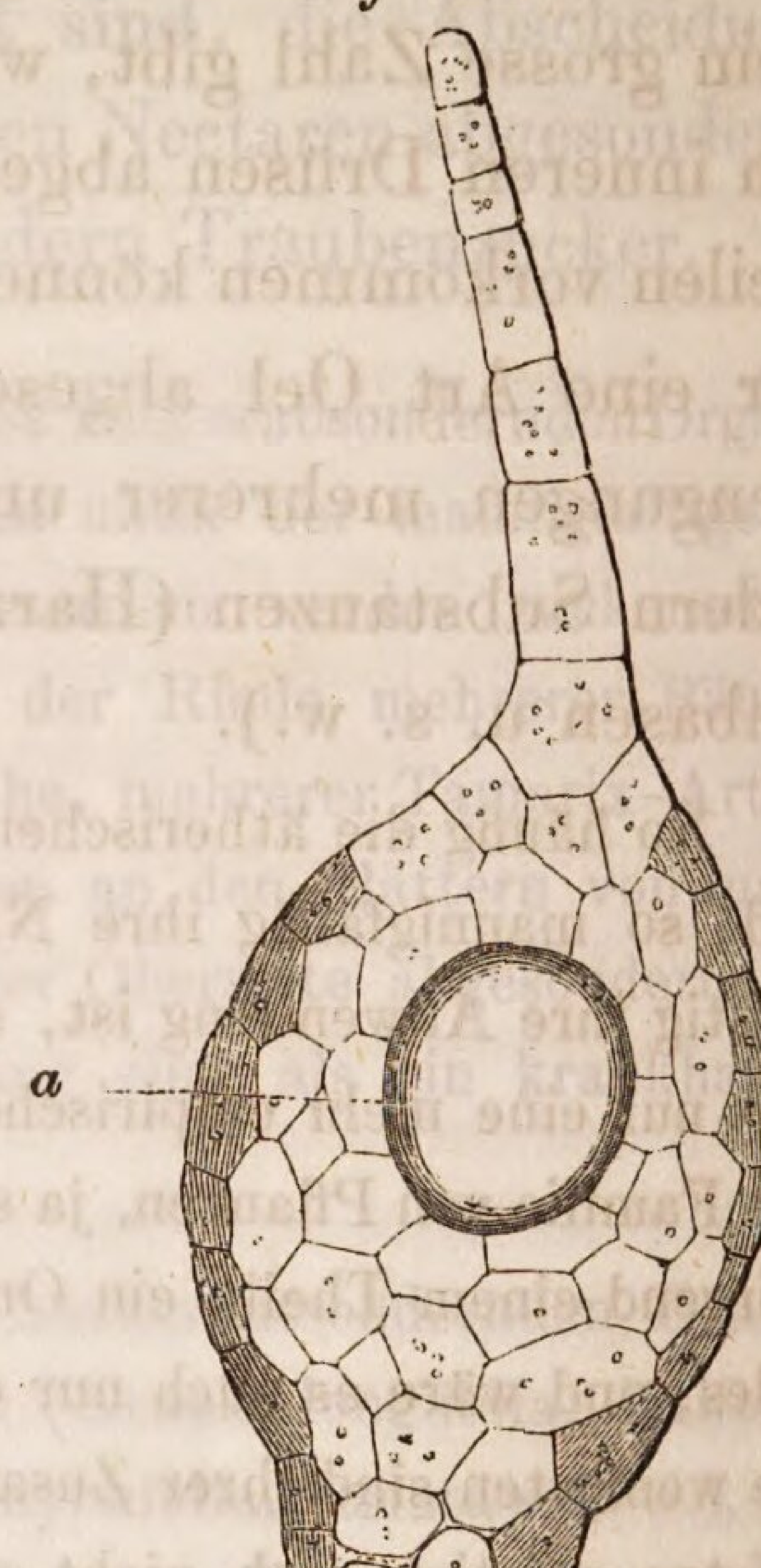


Fig. 123. Querdurchschnitt des Blattes von *Plectranthus fruticosus*. *a a* Epidermis der Oberseite mit einer einfachen Drüse. *b b* Epidermis der Unterseite mit einer zusammengesetzten und eingesenkten Drüse. Vergr. $^{333}/_{1}$.

Fig. 124. Ein Drüsenhaar von *Dictamnus albus*, nach der Länge durchschnitten, um die mit dem ätherischen Oele gefüllte Höhle *a* zu sehen. Vergr. $^{270}/_{1}$.

es einer Verletzung, um sich durch das Geruchsorgan von dem Vorhandensein ätherischer Oele oder ihrer Stearoptene zu überzeugen.

Diess ist z. B. nothwendig bei den Oelgängen der Umbelliferen, von Simsia rosea *(Fig. 125)*, bei der Rinde und den Blättern von Camphora officinarum *(Fig. 126)* u. s. w.

Fig. 125.

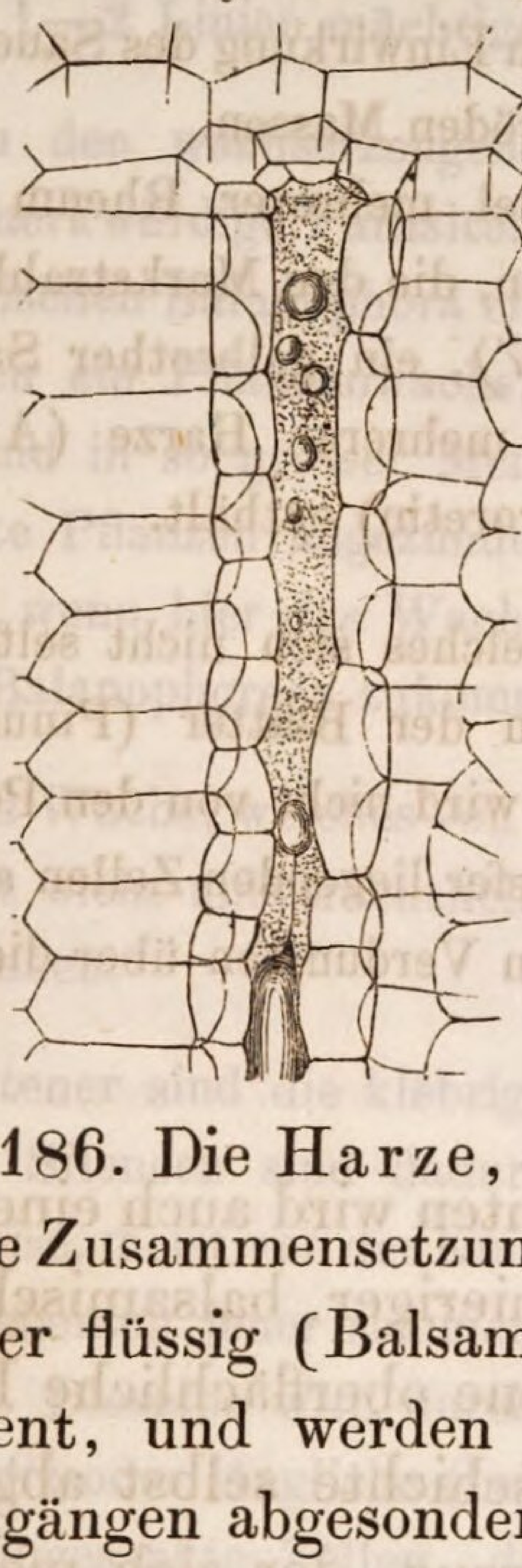
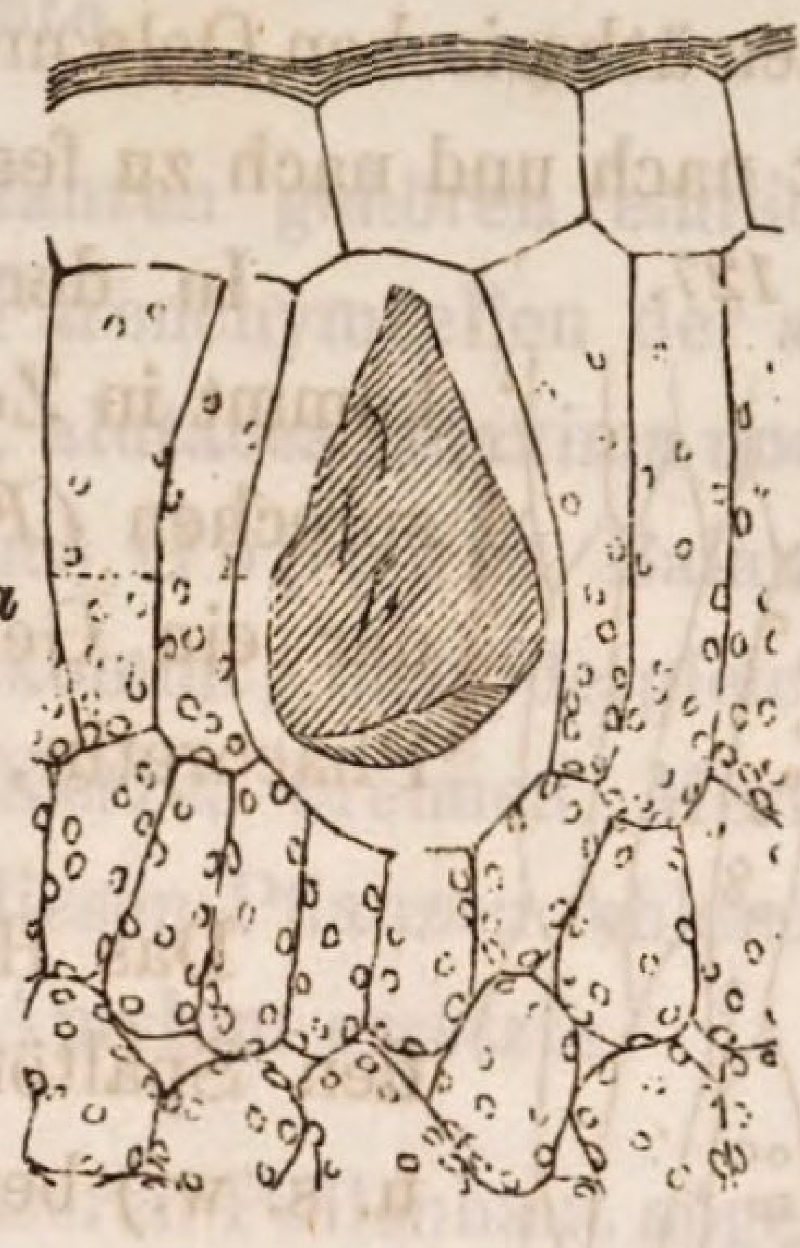


Fig. 126.



§. 186. Die **Harze**, welche gleichfalls die mannigfaltigste Zusammensetzung zeigen, sind ihrer Natur nach entweder flüssig (Balsame), oder mehr oder weniger consistent, und werden vorzüglich in den Harz- und Balsamgängen abgesondert.

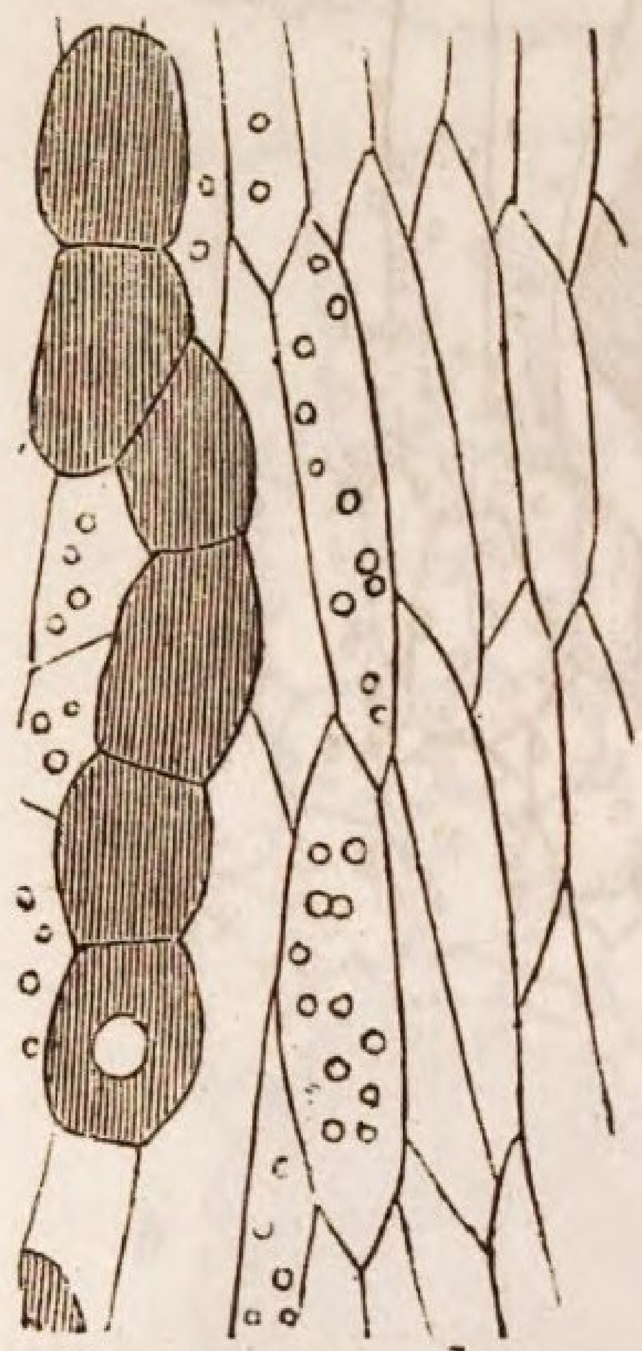
Ganz vorzüglich ist die Familie der Coniferen durch das Vorhandensein von Harzgängen ausgezeichnet, doch kommen derglei-

Fig. 125. Oelgang aus dem Marke des Stengels von *Simsia rosea*, mit dem wohlriechenden Oele in Tropfen. Vergr. $^{160}/_{1}$.

Fig. 126. Stück aus dem Blatte von *Camphora officinarum*, mit einem Campherstücke *a*. Vergr. $^{360}/_{1}$.

chen auch in vielen andern Familien, z. B. den Leguminosen (Copaifera, Myroxylon), Burseraceen (Boswellia, Balsamodendron, Icica), Amyrideen (Amyris), Clusiaceen (Calophyllum), Zygophylleen (Guajacum), Styracineen (Styrax), Anacardiaceen (Pistacia) u. s. w. vor. Sie fliessen wie bei uns das Kirschgummi und das Harz unserer Nadelhölzer aus der verletzten Rinde der Stämme hervor, sind anfänglich weich und werden nach Verlust der beigemengten ätherischen Oele und durch Einwirkung des Sauerstoffes der Luft nach und nach zu festen spröden Massen.

Fig. 127.



In der Wurzel mehrerer Rheum-Arten kommt in Zellreihen, die den Markstrahlen entsprechen *(Fig. 127)*, ein gelbrother Saft vor, der ein Gemenge mehrerer Harze (Aporetin, Phaeoretin, Erythroretin) enthält.

Das Harz, welches sich nicht selten über den Spaltöffnungen der Blätter (Pinus, Aloë u. s. w.) befindet, wird nicht von den Porenzellen, sondern von tiefer liegenden Zellen abgesondert, und nur beim Verdunsten über diesen abgesetzt.

§. 187. Ausser den genannten wird auch eine grosse Menge anderer klebriger, schmieriger, balsamischer und wachsartiger Stoffe durch eigene oberflächliche Drüsen, oder durch die äusserste Zellschichte selbst abgeschieden und bildet eine Art Ueberzug, der sich mehr oder weniger über die ganze Pflanze oder nur über einzelne Organe verbreitet.

Fig. 127. Längenschnitt parallel der Rinde aus der Wurzel von *Rheum undulatum*. *a* Holzzellen. *b* Markstrahlenzellen mit Harzen erfüllt. Vergr. $^{150}/_{1}$.

Hieher gehört der wachsartige Ueberzug, der wenigen Blättern und andern zarten Pflanzentheilen fehlt. Insbesonders sind die glaucescirenden und pruinosen Pflanzen damit reichlich versehen. Beispiele liefern die Mesembryanthemen, Primeln, Festuca glauca. Noch beträchtlicher ist der sogenannte Reif auf den Früchten vieler Pflanzen (Prunus, Myrica, Benincasa), ja auf der Oberfläche des Stammes der Wachspalme (Ceroxylon andicola) erreicht er eine 1—2 Linien mächtige Schichte.

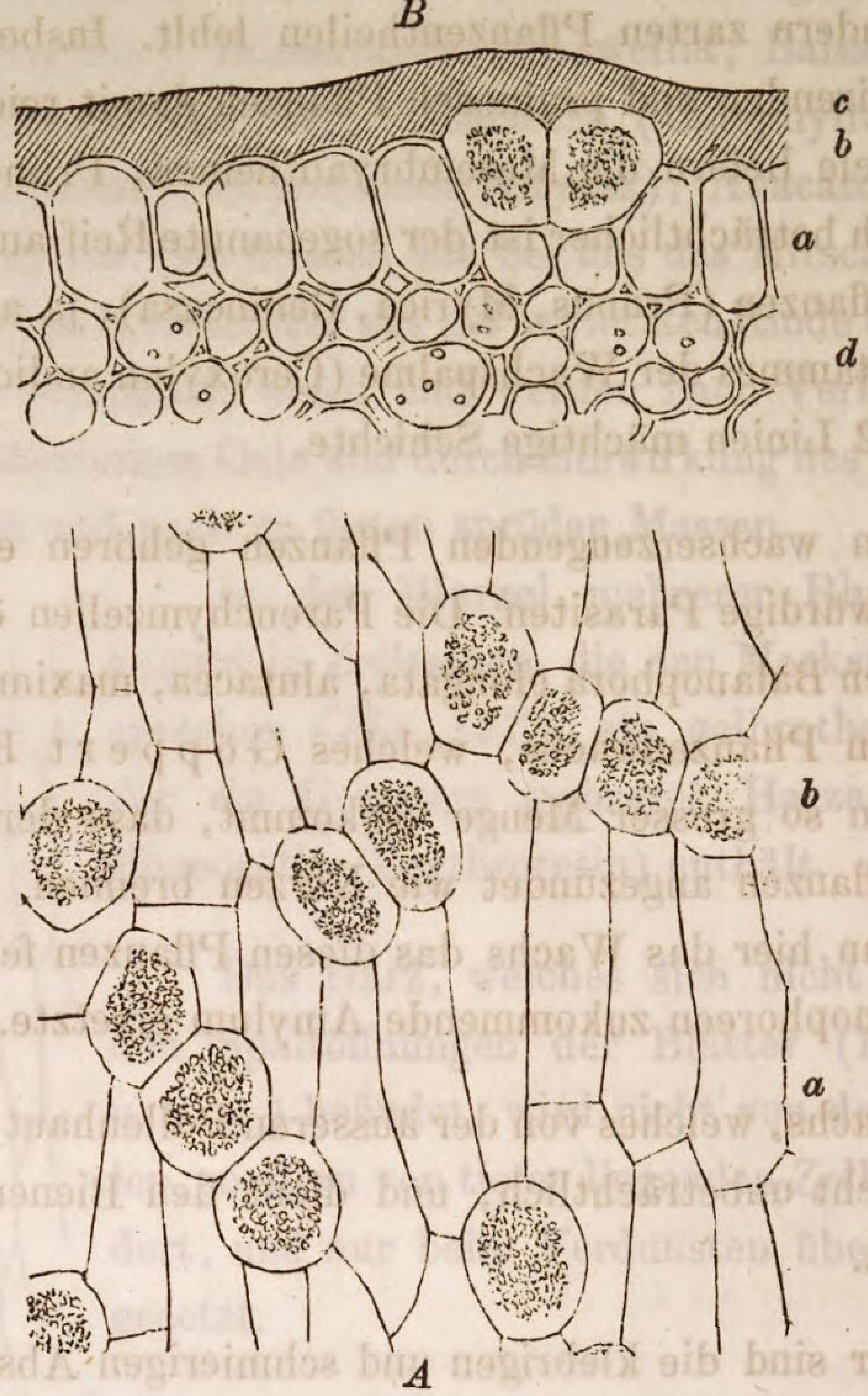
Zu den wachserzeugenden Pflanzen gehören endlich noch einige merkwürdige Parasiten. Die Parenchymzellen der auf Java einheimischen Balanophora elongata, alutacea, maxima und glabra enthalten ein Pflanzenwachs, welches Göppert Balanophorin nennt und in so grosser Menge vorkommt, dass dergleichen getrocknete Pflanzen angezündet wie Kerzen brennen. Merkwürdig wäre es, wenn hier das Wachs das diesen Pflanzen fehlende, aber andern Balanophoreen zukommende Amylum ersetzte.

Das Wachs, welches von der äusseren Pollenhaut abgesondert wird, ist nicht unbeträchtlich, und dient den Bienen zum Baue ihrer Waben.

Seltener sind die klebrigen und schmierigen Absonderungen. Mehrere Sileneen sind dadurch ausgezeichnet, dass ihr Stengel stellenweise, meist von den Knoten entfernt, einen nicht unbeträchtlichen Ueberzug jener schmierigen in Alkohol löslichen Substanz darbietet. Dieselbe wird durch kugelige (bei Lychnis Viscaria L. *(Fig. 128)* oder längliche (bei Silene nemoralis Kit.) in die Epidermis eingesenkte Zellen, die in grosser Menge zwischen den gestreckten Epidermiszellen vorhanden sind, bewerkstelliget. Die den übrigen Theilen des Stengels zukommenden Spaltöffnungen fehlen diesen Stellen.

H. Göppert, Ueber den Bau der Balanophoren, so wie über das Vorkommen von Wachs in denselben und andern Pflanzen. Nova Acta A. N. C. Vol. XVIII. Suppl. p. 232.

Fig. 128.



§. 188. Auf ähnliche Weise treten auch anorganische Stoffe, wie Kieselsäure, kohlensaures und salzsaures Natron, kohlensaures Kali, kohlensaurer Kalk u. s. w., als abgeschiedene Materien an der Oberfläche der

Fig. 128. *A* Oberflächliche Ansicht der Epidermis des Stengels von *Lychnis Viscaria* L., einige Linien unterhalb eines Knotens von dem klebrigen Ueberzug durch Alkohol gereinigt. *a* Epidermiszellen. *b* Drüsenzellen, von einer körnigen Substanz erfüllt. *B* Senkrechter, auf die Oberfläche geführter Schnitt. *a* Epidermis. *b* Drüsenzellen. *c* Schmierige Substanz. *d* Merenchym des Stengels. Vergr. $^{270}/_{1}$.

Pflanzen hervor und bilden auf derselben entweder einen Beschlag oder Anflug, wie die Salzkrusten der Steppenkräuter, oder häufen sich über den Aussonderungsdrüsen in Form kleiner Schuppen an.

Nach Payen überzieht sich Chara translucens mit Kieselerde, während Chara vulgaris sowohl von dieser als von einer Ausscheidung von kohlensaurem Kalke und Chara hispida nur von letzteren bedeckt wird. Indem bei diesen die ganze Oberfläche mit dem Secrete bedeckt ist, kommt dasselbe bei Chara zonata nur stellenweise vor.

Aehnlich verhalten sich auch einige Meeresalgen, welche durch die Menge der selbst innerhalb der Zellen abgelagerten anorganischen Substanz ein durchaus fremdartiges korallenähnliches Ansehen erlangen, und in der That auch lange Zeit für Korallen galten. Dahin gehören die Gattungen Corallocephalus (Corallina), Halymeda, Acetabularia u. s. w. und nach meinen neuesten Untersuchungen auch die in der Nordsee (bei Bergen) vorkommende Nullipora ramosissima, welche zugleich eine der häufigsten Versteinerungen des tertiären Leithakalkes bildet. Payen fand die anorganische Materie in Corallina zu 77·6°/₀, in Halymeda sogar zu 96·2°/₀.

Wahrscheinlich nur in Folge pathischer Vorgänge bilden sich zuweilen ähnliche incrustirende Ausscheidungen an Landpflanzen. Ein in einem Topfe cultivirtes Exemplar von Evonymus japonica zeigte an der Oberseite sämmtlicher lederartiger Blätter einen Ueberzug in Form kleiner rundlicher aneinanderstossender Schüppchen. Die nähere Untersuchung liess darin Chlornatrium erkennen.

Sehr bekannt sind die an den Zähnen der Blätter vieler Saxifraga - Arten vorkommenden Schüppchen; die auf Kalkboden wachsenden zeigen solche aus kohlensaurem Kalk bestehenden Secrete besonders stark, und ich habe nachgewiesen (Ueber den Einfl. d. Bodens auf die Verth. d. Gew. p. 178), dass dieselben mit eigenen Drüsen, welche durch Gefässbündel ernährt werden, in Verbindung stehen.

§. 189. Zu den eigenartigen Absonderungen müssen endlich auch noch die Milchsäfte gezählt werden, welche sowohl in Gefässen als in Saftgängen enthalten sind. Da sie weder allgemein im Pflanzenreiche verbreitet, noch aus solchen Substanzen bestehen, aus denen die Ernährung abgeleitet werden kann, endlich auch keineswegs in einer kreisenden Bewegung im Pflanzenkörper begriffen sind, so kann ihnen die Bedeutung eines Lebenssaftes (Latex) nicht zukommen.

Die im Milchsafte vorkommenden Substanzen sind sehr mannigfaltig, und häufig von einer solchen Zusammensetzung, dass sie die Bildung der ersteren Assimilationsproducte bereits voraussetzen. Aetherische Oele, Harze, Wachs, Balsame, Extractivstoffe, Alkaloide, Salze, so wie Kautschuk, Albumin, Gummi, Zucker, Amylum finden sich oft in mannigfaltigster Vereinigung neben- und durcheinander, wodurch der Milchsaft einmal von milder, ein andersmal von scharfer, narcotischer und giftiger Beschaffenheit wird. Pflanzen derselben Gattung haben sowohl milde als scharfe Milchsäfte, wie z. B. Euphorbia canariensis und Euphorbia balsamifera, Lactuca virosa und Lactuca sativa, Antiaris toxicaria und Antiaris innocua u. s. w. Solche Säfte können unmöglich als allgemeine Nahrungssäfte denn vielmehr der grösseren Menge nach als Ausscheidungsproducte angesehen werden. Ueber ihre Entstehung lässt sich nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft noch nichts angeben.

Dass sich die in den Gefässen befindlichen Milchsäfte in einer fortwährenden Bewegung (Cyclose) befinden sollen, ist wegen der bisher noch nicht vollständigen Nachweisung des Zusammenhanges der einzelnen Milchsaftgefässe zu einem Systeme kaum für eine gründliche Behauptung geeignet. Dagegen haben v. Mohl und Amici durch Versuche gezeigt, dass der in Gefässen befindliche Milchsaft jedesmal leicht in Bewegung versetzt werden kann, wenn mecha-

nische Einflüsse (Druck, Verletzungen) oder Temperaturänderungen Statt finden.

H. v. Mohl, Ueber den Milchsaft und seine Bewegung. Bot. Zeit. 1843. p. 553 u. 825.

V. Abschnitt.

Von der Entstehung und Fortpflanzung der Gewächse.

§. 190. Sowohl der Anlage nach als im Conflicte mit den äusseren Agentien ist die Dauer des Pflanzenindividuums eine beschränkte. Eine auf längere Zeit sich erstreckende Vegetation der Erdoberfläche ist daher nur möglich durch Entfaltung neuer Keime. Da dieselben erfahrungsgemäss aus dem Zusammenwirken anorganischer Kräfte und der mit ihnen verbundenen Stoffe nicht hervorgehen können, so müssen die bereits vorhandenen Gewächse solche Keime zu entwickeln im Stande sein. Wir nennen diese Fähigkeit Fortpflanzung.

Was über die Verwerflichkeit der Ansicht einer mutterlosen Zeugung (generatio originaria) vom Standpuncte der Erfahrung aus zu bemerken war, ist bereits in dem Abschnitte über die Entstehung der Elementartheile §. 58 angedeutet worden. Da der Entstehung eines Gewächses die Entstehung einer Zelle vorangehen muss, diese aber noch nie mit Sicherheit beobachtet wurde, so ist auch die mutterlose Entstehung einer Pflanze als eine ganz und gar unbegründete Annahme unbedingt zu verwerfen. Die scheinbar dafür sprechenden Thatsachen, die freilich durch eine solche Annahme am leichtesten zu erklären sind, können nur durch eine genauere und umsichtige Erforschung aller Umstände ihre Kritik und die Lösung ihres Räthsels finden.

§. 191. Die in der Entwicklung von Keimen begründete Fortpflanzungsfähigkeit der pflanzlichen Individuen zeigt eine grosse Mannigfaltigkeit, welche sich jedoch im Wesentlichen nur auf eine vierfache Stufenverschiedenheit zurückführen lässt. Mit der Complication des Baues der Gewächse nimmt die Fortpflanzung sowohl an Intensität, d. i. an Ausbildung des Keimes, als an Extension, d. i. an der Fähigkeit für verschiedene Fortpflanzungsformen, zu.

Im Wesentlichen beruht jede Fortpflanzung auf Bildung von Zellen und auf Trennung derselben von der Stelle ihrer Entstehung. Bei einzelligen Pflanzen ist die Tochterzelle oder sind die Tochterzellen zugleich die zur Fortpflanzung bestimmten Organe, und es ist ganz einerlei, ob die Mutterzelle (das Individuum) dabei zu Grunde geht oder fortbesteht. Auch bei Complexen von Zellen übernimmt oft noch jeder Elementartheil die Function eines Fortpflanzungskeimes, in der Regel wird jedoch, je entwickelter das Individuum dasteht, und je mannigfaltiger sich seine Bauelemente gestaltet, zusammengefügt und geordnet haben, nur eine oder die andere der Zellen dazu bestimmt und befähiget und nicht selten geschieht es, dass dergleichen Fortpflanzungszellen erst eine gewisse Entwicklung zu Complexen an dem Mutterorganismus durchgemacht haben müssen, um in ihrer Trennung von demselben ein selbstständiges Leben führen zu können. Am merkwürdigsten jedoch ist die Befähigung mancher Zellen für die Fortpflanzung, die ihnen nur von andern Zellen ertheilt werden kann, und die man Befruchtung nennt. Solche Fortpflanzungszellen werden Eizellen genannt.

Ungeachtet im regelmässigen Gange die Fortpflanzung in jedem grösseren oder kleineren Complexe nur an bestimmte Elementartheile geknüpft ist, verlieren die übrigen Zellen dennoch nicht die gleiche Fähigkeit. Es kann demnach jedes Gewächs in

allen seinen noch entwicklungsfähigen Elementartheilen Fortpflanzungskeime hervorbringen.

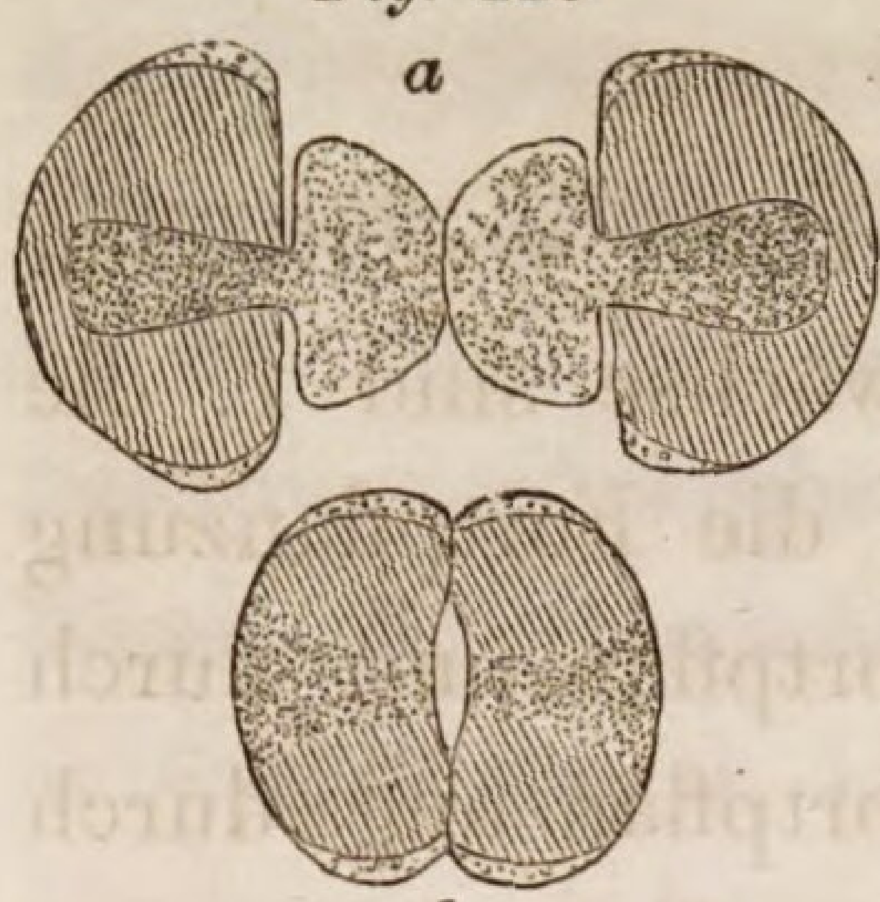
§. 192. Die vier bisher beobachteten wesentlichen Formen der Fortpflanzung der Gewächse sind 1. die Fortpflanzung durch Theilung, 2. die Fortpflanzung durch Knospung, die 3. die Fortpflanzung durch Copulirung und die 4. die Fortpflanzung durch Eibildung. Während die drei ersteren Fortpflanzungsweisen als ungeschlechtliche Fortpflanzung bezeichnet werden, wird letztere eine geschlechtliche Fortpflanzung genannt.

§. 193. Die Fortpflanzung der Theilung findet in der Regel nur bei den Pflanzen der niedersten Organisationsstufe Statt. Sie erscheint hier entweder a) als einfache Theilung oder b) als Abschnürung. In beiden Fällen ist sie durch wandständige Zellbildung vermittelt.

Die einfache Theilung ist bei einzelligen Algen die gewöhnlichste Vermehrungsweise. In der sich fortpflanzenden Zelle entstehen durch wandständige Zellbildung zwei oder vier Zellen, welche sich unmittelbar nach ihrer Bildung bei gleichzeitiger Auflösung der Mutterzelle von einander trennen, oder durch einige Zeit zusammenhängen, die Theilung mehrmals wiederholen, und erst dann das Familienbündniss aufgeben. Beispiele geben die Chroococcaceen, Diatomaceen, Palmellaceen und Desmidiaceen.

Die Theilung durch Abschnürung ist von der einfachen Theilung nur wenig verschieden. In kürzeren oder längeren Aesten wird eine wandständige Tochterzelle gebildet und ohne oder mit der Mutterzelle umkleidet abgestossen. Bei den Exococcaceen, den Vaucheriaceen, so wie bei vielen niederen Pilzformen ist diese Fortpflanzung die gewöhnlichste. Ich ziehe hieher auch die Fortpflan-

Fig. 129



zung mehrerer Desmidiaceen (Cosmarium, Micrasterias, Phycastrum, Staurastrum) (*Fig. 129*).

Dass auch bei mehrzelligen Pflanzen, ja selbst bei sehr ausgebildeten, eine Fortpflanzung durch Theilung stattfinden könne, die darin besteht, dass jeder beliebige Theil durch zufällige Trennung fortzuwachsen das Vermögen hat, kann nur in der Fähigkeit der Zelle liegen, ungeachtet ihrer Verbindung zu Complexen ihre Selbstständigkeit und Totalität unverändert zu erhalten.

§. 194. Die Fortpflanzung durch Knospung hat einen grösseren Umfang und erscheint unter der Form 1. von Brutzellen, 2. von Lagerkeimen, 3. von Brutknospen und 4. von eigentlichen Knospen. Sie ist die verbreitetste Fortpflanzungsweise im Gewächsreiche und eben so bei einfachen Pflanzen als bei ausgebildeten vorhanden. Ihr Einfluss auf die Gestaltung der Pflanze zum Gewächse ist von grösstem Belange.

1. Die Brutzellen bilden die einfachsten Knospen. a) Es sind Zellen in Mehrzahl, welche durch freie Zellbildung in Mutterzellen, die mit ihrer Entstehung absterben, gebildet werden. Ihre Trennung vermehrt das Individuum. Bei einzelligen Pflanzen beobachtet man diese Fortpflanzung in den Protococcaceen. Das schönste Beispiel liefert das Wassernetz (Hydrodictyon). Nicht immer wird der ganze Inhalt der Mutterzellen zur Bildung der

Fig. 129. Staurastrum orbiculare Ralfs. *a* In der Fortpflanzung begriffen, indem aus jeder der gesonderten, im Profile halbkreisförmigen Zelle ein ähnlicher Fortsatz hervortritt, der, indem er die Grösse der Mutterzelle erreicht hat, sich von dieser abschnürt, wie das *b* zeigt. Vergr. $^{1050}/_{1}$.

Brutzellen verwendet, sondern dient ihnen zugleich zur Ernährung (*Fig. 130*). b) In anderen Fällen werden die Brutzellen nur stellenweise in der Mutterzelle gebildet, ohne dass diese selbst dabei abstirbt. Diess geschieht z. B. bei den Valonieen.

Fig. 130.



2. Die Lagenkeime (Gonydia) sind als eine höhere Stufe der Brutzellen zu betrachten. Es sind einzelne Zellen oder kleinere Zellpartien, die sich aus dem Verbande mit anderen einen vielzelligen Thallus bildenden Zellen lösen und sich zu neuen Pflanzen entwickeln. Am häufigsten kommt diess bei Flechten vor, wo die rundzellige Schichte des Lagers sich entweder an einzelnen Stellen (Soredien), oder ganz (Thallus pulveraceus) zu solchen Lagenkeimen auflöst. Dass besonders unter letzteren Umständen die normale Entwicklung der Pflanze beeinträchtigt wird, springt in die Augen, und lässt daher diese Vermehrungsart als eine krankhafte erkennen.

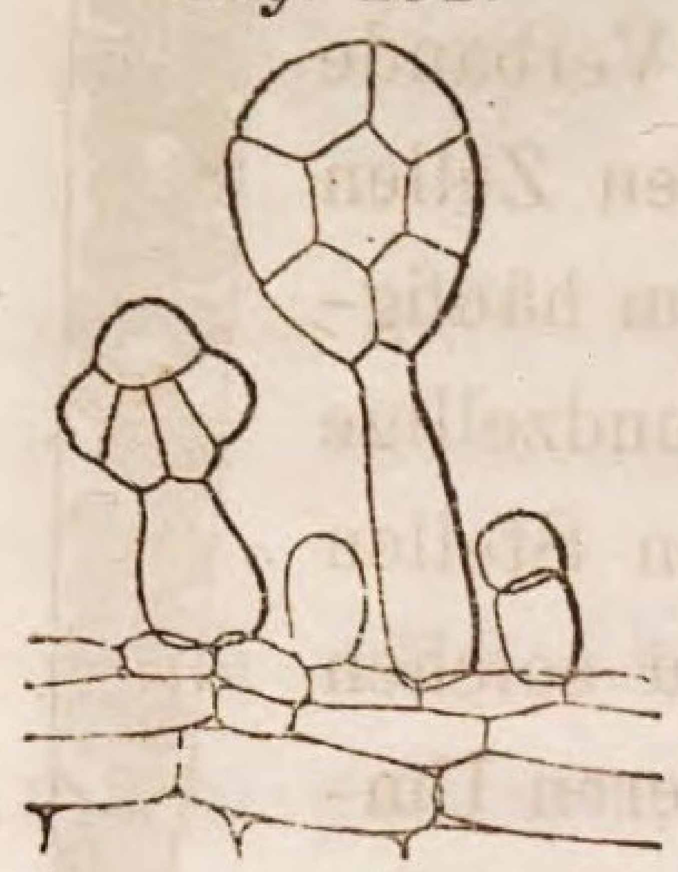
Eine ganz ähnliche Erscheinung lässt sich an den Blättern mehrerer Jungermannien, wie z. B. an Jungermannia ventricosa Diks., wahrnehmen, welche von dem Rande aus in einzelne Zellen zerfallen, und daher wie von pulverigen Massen bedeckt erscheinen. Die Entwicklung solcher Lagerkeime zu vollkommenen Pflanzen ist bisher zwar noch nicht beobachtet worden, jedoch unter günstigen Umständen als sehr wahrscheinlich anzunehmen.

3. In den Brutknospen sind die Fortpflanzungszellen bereits zu Zellcomplexen entwickelt, und trennen sich nur in diesem Zustande wie alle Knospen von der Pflanze, an der sie entstanden. Als eine gewöhnliche Erscheinung bemerkt man die Brutknospen an den laubigen Lebermoosen, wie z. B. an Marchantia, Lunularia, Blasia u. s. w. Sie entstehen aus einer Zelle, welche sich streckt

Fig. 130. Spitze des Zellschlauches von *Achlya prolifera*. Die hier befindliche Mutterzelle ist mit Brutzellen, die sie eben durchbrechen, erfüllt.

und in die Quere theilt. Aus der untern der beiden Tochterzellen geht der Stiel, aus der obern ein zelliges Knötchen *(Fig. 131)* hervor. Solche Fortpflanzungsorgane sind dann entweder frei an der Oberfläche des Laubes oder in dasselbe versenkt und durch mannigfach gestaltete sack- oder beckenförmige Behälter (Conceptacula) geschützt.

Fig. 131.



Ganz in derselben Weise verhalten sich auch die Brutknospen bei einigen Laubmoosen, wie z. B. an der Spitze der Aeste von Tetraphis pellucida, und zum Theil auch am Fruchtstiele von Aulocomnium androgynum. In andern Fällen sind die Zellen des Proembryo, die Wurzeläste, die Stämmchen und Blätter die Erzeuger von mehr oder weniger unregelmässigen knollenförmigen Auswüchsen, die bei ihrer Trennung eine Vermehrung der Pflanze zu bewerkstelligen im Stande sind. Ohne Zweifel trägt diese Fortpflanzungsweise der Moose sehr viel zu ihrer Vermehrung und Verbreitung bei.

W. P. Schimper, Rech. anat. et morphol. sur les Mousses. 4.

G. W. Bischoff. Bemerkungen über Lebermoose, vorzüglich aus den Gruppen der Marchantieen und Riccieen. Nov. Acta A. N. C. XVII. p. 909.

4. Knospen (gemmae). Hat sich bis zu den stammbildenden Moosen noch die Selbstständigkeit der Zellen durch Trennung aus dem Verbande mit andern und durch die Fähigkeit der Entwicklung zu einem der Mutterpflanze ähnlichen Gebilde bewährt, so lässt sich wohl vermuthen, dass auch in den höheren Gewächsen den Zellelementen diese Fähigkeit, wenn auch im beschränkten Maasse, zukommt. Und in der That scheint diese Fähigkeit keineswegs mit der Vervollkommnung des Baues gebrochen, sondern in der Regel nur an gewisse Theile gebunden, ohne dass sie dabei den übrigen Elementartheilen als potentia entzogen wird.

Fig. 131. Brutknospen in ihrer stufenweisen Entwicklung von der einfachen Zelle an bis zum gestreckten Knötchen aus dem Brutknospenbehälter des Laubes von *Blasia pusilla* Linn. Vergr. $^{630}/_{1}$.

Als allgemeine Regel kann es gelten, dass auch hier alle in Form von Zellcomplexen sich sondernden und lösenden Fortpflanzungsorgane aus einzelnen Zellen hervorgehen. Ihre Ausbildung zu knollen- oder zwiebelartigen Theilen, ihre fernere Entwicklung zu embryonalen beblätterten Achsen, d. i. zu Knospen, geschieht immer auf Kosten des Individuums, und es ist dann vollkommen gleichgiltig, ob sie mit demselben in Verbindung bleiben oder nicht.

Die gebildeten Knospen trennen sich häufig schon im rudimentären Zustande von der Mutterpflanze, und wachsen sofort zu selbstständigen Pflanzen heran, oder sie trennen sich erst im entwickelteren Zustande, wobei ein Theil des Sprosses abstirbt (plantae stoloniferae, plantae viviparae, plantae bulbiferae u. s. w.). In andern, viel häufigeren Fällen bewirkt der Tod der Mutterpflanze erst die Trennung der gleichfalls mehr oder weniger entwickelten Knospen; endlich in der noch grössern Mehrzahl der Fälle bleibt die Mutterpflanze mit ihren zu Aesten entwickelten Knospen und den Knospen der Knospen in Verbindung, und stellt eine Pflanzencolonie, d. i. ein Gewächs, dar. Da die Verbindung der Knospe mit der Mutterpflanze eine unmittelbare ist, so bedarf sie bei ihrem Fortwachsen keiner eigenen Aufnahmsorgane, wesshalb die absteigende Achse (Wurzel) gar nicht oder nur ausnahmsweise zur Entwicklung kommt. Kein Theil der Pflanze ist von der Bildung der Knospen ausgeschlossen, doch kommen dieselben vorzugsweise nur am Stamme als endständige (gemmae terminales) oder als seitenständige Knospen (gemmae laterales), und diese wieder als achselständige (gemmae axillares), als Nebenknospen (gemmae accessoriae), oder endlich als zufällige Knospen (gemmae fortuitae) vor.

Viel seltener erscheinen die Knospen auch an Wurzeln, an Blüthen und an Blättern, und es sind hiezu immer gewisse Verhältnisse nothwendig. Zufällige Trennungen und Verstümmelungen geben die gewöhnlichste Veranlassung, allein es gehört zur Entstehung der Knospen auch noch ein höherer Feuchtigkeitsgrad, Schutz gegen Licht und andere uns noch weniger bekannte Einflüsse. So brechen z. B. an den zufällig entblössten Wurzeln un-

serer Laubholzbäume nicht selten Adventivknospen hervor, und zwar um so eher, als Verletzungen am Stamme erfolgten. An vielen Bäumen und Sträuchern mit oberflächlichen Wurzeln ist es eine gewöhnliche Erscheinung.

Die Entwicklung der Knospen an Blättern ist bisher an Drosera intermedia (Naudin, Ann. des scienc. nat. XIV. 2 Sér. 1840. p. 14 t. 1 f. 1), Malaxis paludosa (Henslow, Ann. des scienc. nat. 1 Sér. XIX. p. 103. Pl. IV. B.), Ornithogalum thyrsoides (Turpin, Mém. du Mus. d'hist. nat. XVI. 1828. p. 171 t. 10), Eucomis regia (Hedwig, Kleine Abhandl. II. p. 128 t. 1 f. 1), Cardamine pratensis (Cassini, Opuscules phytologiques II. p. 346. Münter, Bot. Zeit. 1845. Stk. 33), Brassica oleracea (Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie p. 48); an Zwiebelschuppen bei Hyacinthus orientalis (Meyen, Neues System der Pflanzenphysiologie p. 48), Scilla maritima (Guettard, Mém. s. diff. p. d. Sc. I. 99), Lilium candidum, ferner an Glechoma hederacea und Portulaca beobachtet worden. An den Blättern von Bryophyllum calycinum sind sie eine regelmässige, an vielen Farnwedeln eine nicht ungewöhnliche Erscheinung. Auf der Möglichkeit der Entstehung und Entwicklung von Knospen an Blättern, so wie an andern Pflanzentheilen beruhen eine Menge künstliche Operationen, die eine Vermehrung und Veredlung der Pflanzen bezwecken.

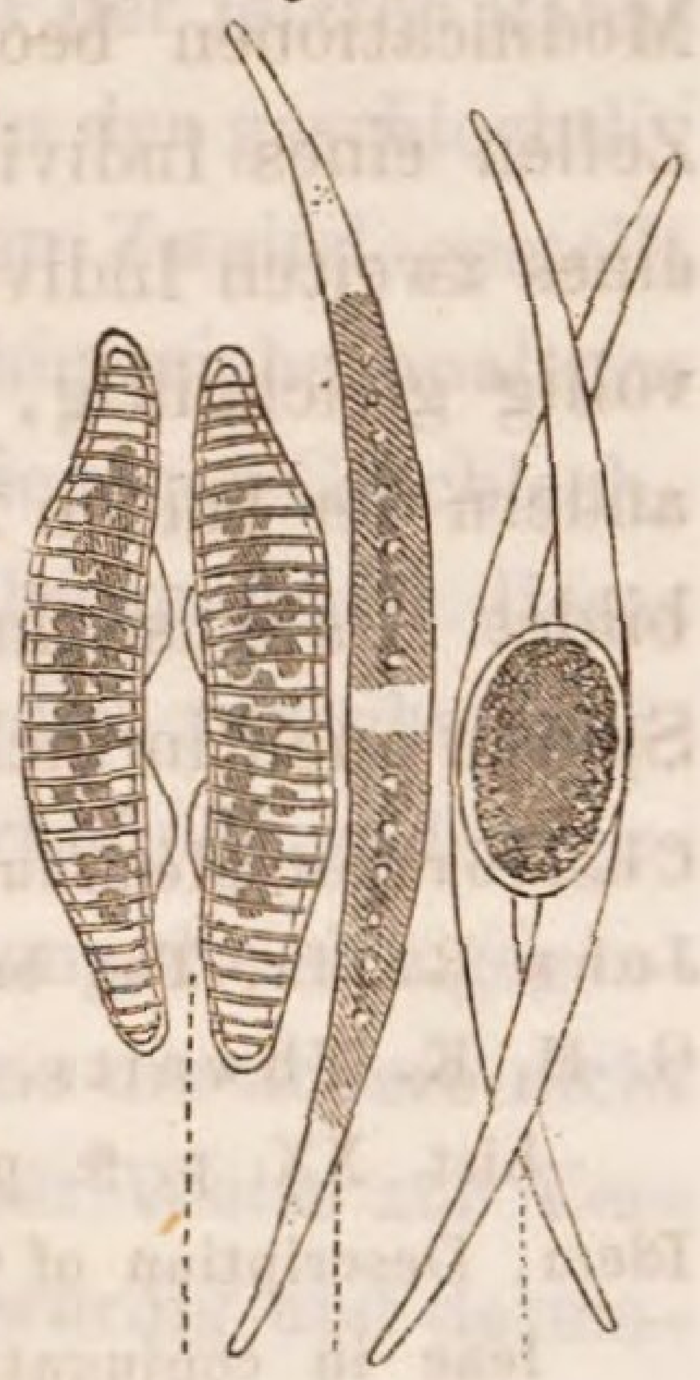
Die Bildung der Knospen ist eine durch alle Reihen des Gewächsreiches, von den Algen angefangen, vorkommende Erscheinung. In der Form von Zwiebeln, Knollen, Bulbillen, Gemmulen, Sprossen, Innovationen, Aesten u. dgl. tragen sie nicht nur zur Vermehrung der Individuen wesentlich bei, sondern bestimmen zugleich Tracht, Aussehen und Bedeutung der gewöhnlich unter dem Namen Pflanzen bezeichneten Organismen, von denen es wenige gibt, die für Individuen gelten können. In den meisten höheren Pflanzen ist diese Sprossenfolge nach bestimmten Gesetzen geregelt und bildet einen Generationswechsel. Man vergleiche hierüber Alex. Braun: Das Individuum der Pflanze in seinem Verhältnisse zur Species, Generationsfolge, Generationswechsel und Generationsthei-

lung der Pflanze. (Abhandlung der kön. Akademie der Wissenschaften in Berlin. 1853.)

§. 195. Die Copulation ist eine höhere Fortpflanzungsform als die Knospung, indem sie das Zusammenwirken zweier Zellen oder zweier Theile einer Zelle zur Bildung der Fortpflanzungszelle erfordert. Sie findet Statt an einzelligen und an mehrzelligen Pflanzen der niedersten Gewächsreihen.

Am einfachsten erscheint die Copulation bei den Vaucherien. Einzelne schlauchförmige Aeste dieser einzelligen Pflanzen nähern sich einander, berühren sich und verwachsen an einer Stelle so, dass zugleich eine Resorption der beiden Berührungsflächen erfolgt. Der feste Inhalt des einen Astes geht durch die entstandene Oeffnung in den andern Ast über und vereinigt sich zu einem kugelförmigen Ballen, der sich mit einer Zellhaut umkleidet. Diese Fortpflanzungszelle wird nur durch Auflösung oder Zerreissung der copulirten Zellen frei. Nach den neuesten Untersuchungen von N. Pingsheim findet bei Vaucheria sessilis keine Copulation, sondern eine geschlechtliche Einwirkung der beiden Aeste Statt, wovon der eine, der Hackenast, die Spermatozoiden, der andere die Eizelle enthält.

Fig. 132.

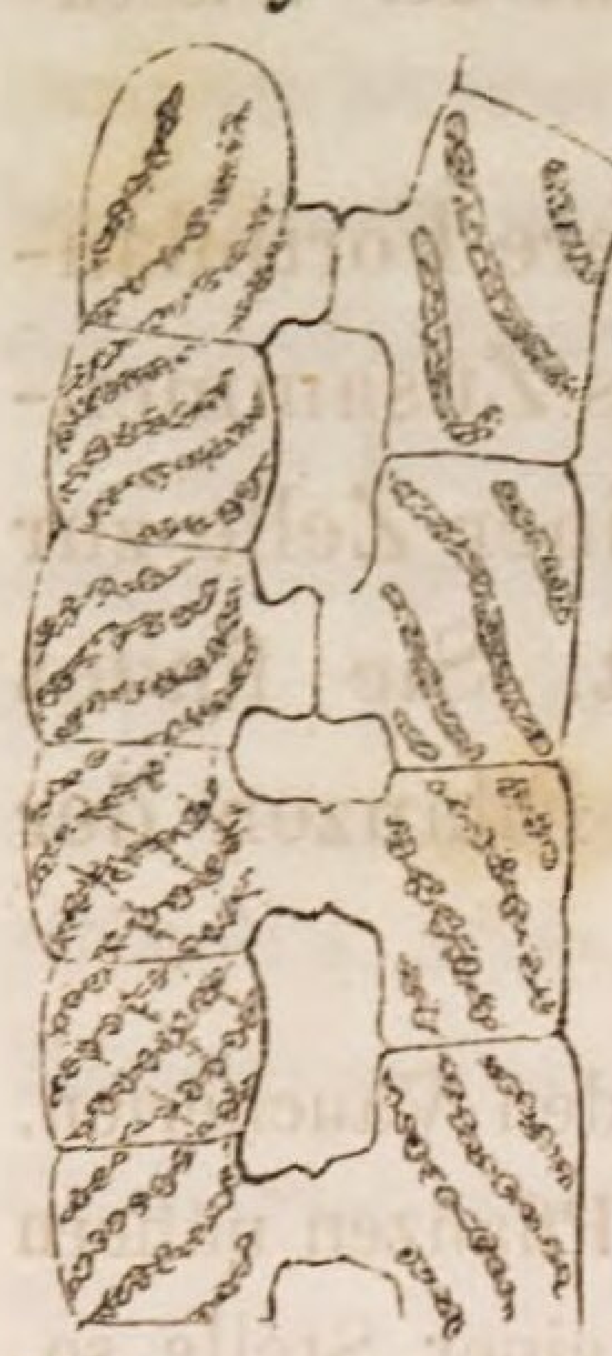


a *b* *c*

In einer zweiten Art vereinigen sich zwei einzellige Pflanzen durch kurze, eigens zu diesem Zwecke getriebene Fortsätze auf ähnliche Weise wie im vorhergehenden Falle. Die aus dem ge-

Fig. 132. a *Eunotia turgida* Ehrb. im Beginn der Copulation. Aus zwei Individuen werden wieder zwei Fortpflanzungszellen. Vergr. $^{450}/_{1}$. (Nach Thwaits.) *b* *Closterium acutum* Lyngb. (nach Ralfs). *c* Dasselbe durch Copulation verbunden und bereits mit einer Mutterzelle der Fortpflanzung versehen. Seitenansicht. Vergr. $^{400}/_{1}$. (Nach Brébisson.)

Fig. 133.



meinsamen Inhalte beider Zellen entstandenen Fortpflanzungszellen scheinen ihrer Grösse und bedeutenden Formverschiedenheit wegen eher als Mutterzellen denn als eigentliche Fortpflanzungszellen zu dienen. Die Palmellaceen, Desmidiaceen und Diatomaceen zeigen dergleichen Copulationen *(Fig. 132)*.

Endlich sind auch mehrzellige Pflanzen im Stande, durch Copulation sich zu verbinden, um dergleichen Fortpflanzungszellen aus den beiden vereinigten Zellen hervorzubilden. In den Zygnemaceen (Zygnema, Tyndaridea, Mougeotia, Staurocarpus u. s. w.) ist sie nach verschiedenen Modificationen beobachtet worden. Gewöhnlich sind es mehrere Zellen eines Individuums, welche sich mit eben so vielen Zellen eines zweiten Individuums vereinigen *(Fig. 133)*, und es ist dabei völlig gleichgiltig, ob sich die Spore in der einen oder in der andern der beiden Zellen, oder in dem entstandenen Mittelstücke bildet. Als Ausnahme von der Regel findet die Bildung von solchen Sporen auch in nicht copulirten Zellen Statt.

Ch. Morren, Mém. sur les Clostéries. Ann. d. scienc. nat. 2 Sér. V. p. 257—321.

John Ralfs, The british Desmidieae. London, 1848. 8. 55 Tab.

G. H. K. Thwaits, On Conjugation in the Diatomaceae. Annales of nat. hist. XX. p. 9. p. 343. 2 tab.

Idem, Description of Coccochloris Brebissonii, a new species of the Palmelleae in conjugation. Ann. and mag. of nat. hist. 2 Sér. III. 1849. p. 243. 1 Tab.

Alex. Braun, Betrachtungen über die Erscheinung der Verjüngung in der Natur. p. 145.

N. Pringsheim, Ueber die Befruchtung und Keimung der Algen und das Wesen des Zeugungsactes. Berlin, 1855.

§. 196. Die höchste Stufe, welche die Fortpflanzung erreicht, ist die Bildung von Eizellen, welche zu ihrer

Fig. 133. Zwei Individuen von *Spirogyra decimina* in der Copulation. (Nach Kützing.)

vollständigen Darstellung und weiteren Entwicklung der Einwirkung anderer nur zu diesem Zwecke gebildeten Zellen — Befruchtungszellen — bedürfen. Zu diesen in eigenen Organen entstehenden Zellen gelangt die Pflanze nur durch die vollständige Ausbildung aller ihrer Theile, was wieder nur durch einen doppelten Umwandlungsvorgang möglich wird. Auf dem einen derselben kehrt sie in ihrer Totalität zur einfachen Spore, auf dem andern zur Eizelle zurück. Je einfacher die Pflanze desto länger ist der Weg von der Spore zur Eizelle und desto kürzer jener von der Eizelle zur Spore.

Erst durch die intensiven Untersuchungen der letzten Jahrzehente sind zwei der wichtigsten Thatsachen in der geschlechtlichen Fortpflanzung der Gewächse ausser allen Zweifel gestellt worden, nämlich ein der Fortpflanzung im Thierreiche analoges Einwirken zweierlei Organe als Träger verschiedener Geschlechter zur Entstehung des Keimes, so wie die Allgemeinheit dieses Vorgangs von den einfachsten Pflanzen bis zu den zuhöchst ausgebildeten, und zweitens die nothwendige Verknüpfung der geschlechtlichen Fortpflanzung mit der Sporenbildung, die sich gegenseitig zu bedingen scheinen, und wovon eine ohne die andere nicht zur Entwicklung gelangen kann, beide in gleicher Weise zur Vervielfältigung des Individuums beitragend. Merkwürdig und dermalen noch unerklärt ist nur, wie beide, die ganze Entwicklungsgeschichte des Individuums durchdringende und beherrschende Bildungsvorgänge in verschiedenem Verhältnisse zur Vollkommenheit der Pflanze stehen, so dass der Entwicklungsgang der Pflanze von der Spore zur Eizelle in den einfachsten Pflanzen am längsten, in den vollkommensten am kürzesten ist, und umgekehrt, der Entwicklungsgang von der Eizelle zur Spore bei den niedern Pflanzen am kürzesten, bei vollkommneren den ganzen weiten, ja zuweilen auf Jahre hinausgedehnten Entwicklungsgang in sich fasst.

Ein Eingehen in die Einzelnheiten, welche sich leicht in sechs verschiedene Stufenfolgen zusammenfassen lassen, wird die Sache deutlich machen.

1. Die geschlechtliche Fortpflanzung bei den Characeen ist lange bekannt und genau studiert. Sie ist durch zweierlei, mit freiem Auge wohl zu unterscheidende, aber einander sehr nahe liegende Organe vermittelt. Ein kugeliges, lebhaft gefärbtes Organ ist die Bildungsstätte unendlich vieler, mit lebhafter Bewegung versehener, in Form von Schwärmfäden erscheinenden Befruchtungszellen *(Fig. 16 a)*. Es ist das Antheridium. Nächst diesem ist ein grösseres längliches Organ, das Archegonium, auf dessen zugänglichem Grunde sich die Eizelle befindet, welche nur durch Einwirkung der Befruchtungszellen zur Entwicklung gelangt. Die Entwicklung derselben bringt unmittelbar die junge Pflanze hervor. Der Bildungsgang von der Eizelle zur Spore, die hier mit der Eizelle Eins ist, ist = 0, während die Ausbildung von der Spore bis zur Eizelle den ganzen Entwicklungsgang der Pflanze in sich fasst.

2. Anders gestaltet sich die Fortpflanzung der Fucaceen und Florideen.

Antheridien und Archegonien sind nicht mehr frei, sondern in eigenen Behältern (uneigentlich Sporangien) des Thallus oder der Frons eingesenkt. Die Befruchtungszellen der ersteren sind Schwärmzellen mit zwei nach verschiedenen Richtungen gestellten Cilien. Die Eizellen oder vielmehr die Mutterzellen der Eizellen (grosse Spore) sind gross. Aus ihnen entwickeln sich nach der Trennung von der Mutterpflanze (bei den Fucaceen) oder noch während ihrer Verbindung mit derselben (bei den Florideen) die Eizellen, aus denen Individuen derselben Art hervorgehen. Die Eizelle ist in beiden Fällen noch identisch mit der Spore.

Ob die geschlechtliche Fortpflanzung der Flechten und Pilze nach diesem Typus vor sich geht, ist um so ungewisser, als überhaupt die Bedeutung der dabei intervenirenden Zellen noch nicht klar ist. Auf dem Wege der Analogie ist es uns indess erlaubt, in dem Sporangium der Flechten und Pilze die Mutterzelle der

Eizellen zu vermuthen. Für die Befruchtungszellen hat die Untersuchung noch keinen sicheren Vergleichungspunct gefunden.

3. In den Moosen mit Einschluss der Lebermoose, die ganz eigentlich im Aequator der Pflanzenbildung liegen, haben sich Antheridien und Archegonien schärfer gesondert, eben so Eizelle und Spore in die Brennpuncte der Gesammtgestaltung gestellt, so dass der Weg von der Spore zur Eizelle fast eben so lang ist, als der Weg von der Eizelle zur Spore.

Die Spore beginnt mit einer thallusartigen Entwicklung (Pro-embryo), aus welchem sich der beblätterte Stamm unmittelbar erhebt. An seiner Spitze erscheinen neben einander oder auf verschiedenen Individuen (mon-di-oecisch) Antheridien und Archegonien, erstere zellige Säcke mit einem Gewebe erfüllt, von welchen jede einzelne Zelle die Mutterzelle eines Schwärmfadens ist, letztere gleichfalls als zellige Röhren, auf dessen Grunde die Mutterzelle der zu befruchtenden Eizelle sich befindet. Durch die erfolgte Oeffnung der Röhren gelangen die befruchtenden Schwärmfaden bis zur Eizelle und bringen erst jene Veränderungen in derselben hervor, wodurch sie zur weiteren Entwicklung fähig wird. Diese mit dem ursprünglichen Individuum in Verbindung bleibende Entfaltung bringt endlich an der Spitze das Sporangium hervor. Ein Theil des zerrissenen Archegoniums bleibt als Vaginula am Grunde des Stieles des Sporengehäuses, ein anderer deckt dasselbe als Haube (Calyptra). Das Sporengehäuse entleert bei seinem Aufspringen eine Unzahl von Fortpflanzungszellen (Sporen), die sich in seinem Innern wie Brutzellen gebildet haben.

4. Die vierte Stufe bilden die Farn und die Schachtelhalme (Filices und Equisetaceae). Aus der Spore entwickelt sich wieder ein lagerförmiges Pflänzchen (Prothallus) von geringer Ausdehnung, auf dessen Oberfläche schon zerstreut die Antheridien und Archegonien vorkommen. Nur nach Einwirkung der in den ersteren erzeugten Schwärmfäden *(Fig. 16 b, c)*, auf die am Grunde der offenen Archegonien befindlichen Eizelle erfolgt eine Entwicklung derselben zu einem Pflänzchen, das bald Stamm und Blätter zeigt,

und allmälig zum eigentlichen Farnstamme und Schachtelhalme emporwächst. Erst an der Spitze desselben kommen sowohl an diesen wie an jenen in grosser Anzahl Sporangien zum Vorschein, die gleichfalls reichlich von Fortpflanzungszellen (Sporen) erfüllt sind. Der erste Schritt von der Spore bis zur Eizelle durch den Prothallus ist hier gegen den zweiten Schritt, von der Eizelle zur Spore, bereits ungemein verkürzt.

5. In den Rhizocarpeen, Lycopodiaceen und Isoëteen wird die Ungleichheit dieser beiden Entwicklungsschritte von einem Brennpuncte zum andern noch grösser.

Die Spore und zwar die sogenannte grosse Spore bringt nur ein kleines thallusartiges Keimpflänzchen hervor, welches sich mit zahlreichen Archegonien von ähnlicher Form wie die früheren bedeckt. Keine Antheridien erscheinen dabei, ja sie kommen eigentlich gar nicht zur Entwicklung. Denn aus anderen Individuen, den sogenannten kleinen Sporen, gehen die befruchtenden Schwärmzellen unmittelbar, ohne alle vermittelnde Bildung, hervor und bewirken die Befruchtung. Die befruchtete Eizelle wächst bald zum beblätterten Stamm heran, der in verschiedenen Sporenbehältern die grossen und kleinen Sporen hervorbringt.

6. In den Rhizocarpeen ist die geschlechtliche Fortpflanzungsweise der Gymnospermen schon vorgebildet; dieselben Organe erscheinen hier wieder nur in anderer Anordnung und Bedeutung, so dass es den Anschein hat, als ob sie nur ihre Rolle gewechselt hätten. Auch hier gibt es Sporangien und Sporen, so wie Antheridien und Archegonien, aber es sind nicht mehr die Sporen, welche sich von dem Individuum trennen, eben so wenig die Eizellen, sondern die jungen aus diesen entwickelten Pflänzchen sammt einem Theile der Mutterpflanze, die dieselben einschliesst und die — Samen genannt werden.

Verfolgt man das aus dem Samen nicht entstehende, sondern sich nur weiter entwickelnde Pflänzchen, so geht in einer Reihenfolge von fort und fort sich veredelnden Bildungen als Schluss des Ganzen die deutlich zu erkennende (phanerogame) Blüthe hervor,

die als wesentliche Fortpflanzungstheile die Antheridien und Archegonien hervorbringt. Die ersteren, hier Staubbeutel (Antheren) genannt, entfalten gleichfalls Befruchtungszellen (Pollen), die aber, indem sie oft zellige Körper enthalten, noch ganz mit den kleinen Sporen der vorhergehenden Pflanzen verglichen werden können. Antheridie und Befruchtungszelle sind nun schon fast Eins geworden.

In dem Fruchtknoten und dem wesentlichen Theile desselben, dem Eie, entwickelt sich eine Zelle vor allen übrigen, es ist der Embryosack, der nur die Bedeutung der grossen Spore haben kann. Ohne sich von der Mutterpflanze zu trennen entwickelt sie auf dem kürzesten Wege Eizellen. Es bedarf nicht einmal so viel wie bei den Rhizocarpeen; das Corpusculum, ein Erzeugniss des Embryosackes, vertritt hier die ganze Vorkeimbildung sammt den Archegonien. Ihr Product sind endlich die Eizellen, d. i. das Keimbläschen. Durch Einwirkung der Befruchtungszellen geht die Entwicklung einer jungen Pflanze vor sich, welche bis auf eine gewisse Grenze fortschreitet, dann aber sistirt. Das junge Pflänzchen, mit allen wesentlichen Theilen einer ausgebildeten Pflanze versehen, trennt sich jetzt sammt der Unterlage (Ei), auf dem es sich entwickelt, und beginnt unter günstigen Umständen seine weitere Entfaltung, gesondert von der Mutterpflanze.

Der Schritt von der Spore zur Eizelle ist hier noch kürzer geworden, dagegen umfasst jener von der Eizelle zur Spore sogar das Theilleben zweier Individuen.

7. Die Angiospermen, womit alle höheren Pflanzen zusammengefasst werden, wiederholen nur in exacterer Weise die Verhältnisse der Gymnospermen.

Spore, Eizelle und Befruchtungszelle sind an denselben entwickelt, nur erzeugt die Spore (Embryosack) hier unmittelbar die Eizellen (Keimbläschen) und die kleine Spore, Antheridium und Befruchtungszelle sind im Pollenkorne zu einem einzigen Organe, der Befruchtungszelle, geworden. Es ist somit der Schritt von der Spore zur Eizelle und Befruchtungszelle, der bei den Algen die ganze Entfaltung der Pflanze bedurfte, hier auf einen einzigen

Zellbildungsact zusammengezogen. Anders ist es mit dem zweiten Schritte von der Eizelle zur Spore. Die durch Einwirkung des Pollens befruchtete Eizelle entwickelt sofort ein junges Pflänzchen (Embryo), das sich mit seiner unmittelbaren mütterlichen Unterlage (Ei) von der Pflanze trennt und unter günstigen Umständen zu einer vollständigen Pflanze emporwächst. Dieser zweite Schritt, bei den Algen auf das Minimum beschränkt, ist hier von derselben Ausdehnung wie der erste Schritt bei jenen. Es haben sich somit in Bezug auf geschlechtliche Fortpflanzung im ganzen Gewächsreiche nur die Längen beider Schritte verhältnissmässig geändert, alles Uebrige ist im Wesentlichen gleich geblieben.

Leveillé, Rech. sur l'hymenium d. champign. Ann. d. scienc. nat. 2 Sér. VIII. p. 321.

M. Schleiden, Einige Blicke auf die Entwicklungsgeschichte des vegetabilischen Organismus. Archiv f. Naturg. v. Wiegmann. 1837. I. 289. 1 Taf.

Idem, Ueber die Bildung des Eichens und Entstehung des Embryo. Nova Acta A. N. C. Vol. XIX. P. I. 1839.

Wydler, Recherches sur la formation de l'ovule et de l'embryon des Scrofulaires. Bibl. univ. de Génève nouv. Sér. T. XVII. 1838. p. 334. tab. 1.

Mirbel et Spach, Notes pour servir à l'histoire de l'embryogénie végétale. Ann. d. scienc. nat 2 Sér. T XI. 1839. p. 200. t. 1.

Idem, Notes sur l'embryogénie du Pinus Laricio. Ann. d. scienc. nat. 2 Sér. XII. p. 193.

Decaisne, Mém. sur le dévélop. du Gui. Mém. de l'acad. roy. d. scienc. et d. b. l. de Bruxelles. T. XIII. 1841.

Th. Hartig, Neue Theorie der Befruchtung der Pflanzen. 4. 1842. 1 Taf.

Geleznoff, Ueber die Bildung des Embryo und über die Sexualität der Pflanzen. Botan. Zeitung. 1843. p. 841.

C. Nägeli, Bewegliche Spiralfaden (Samenfaden ?) an Farn. Zeitschr. für wiss. Botanik. Bd. I. Heft 1. 1844. 1 Taf.

G. Mettenius, Beiträge zur Kenntniss der Rhizocarpeen. 1846. 4. 3 Taf.

C. Nägeli, Ueber die Fortpflanzung der Rhizocarpeen. Zeitschr. für wiss. Bot. Heft 3 et 4. 1847. p. 288. tab. 1.

Amici, Sulla fecondazione delle Orchidee. Giornale botan. ital. Anno sec.

H. v. Mohl, Ueber die Entwicklung des Embryo von Orchis Morio. Bot. Zeitung. 1847. p. 465.

J. Graf Leszczyc-Suminski, Zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter. 1848. 4. 6 Taf.

W. Hofmeister, Die Entstehung des Embryo der Phanerogamen. 1849. 4. 14 tab.

L. R. Tulasne, Études d'embryogénie végétale. Ann. d. scienc. nat. 3 Sér. XII. p. 21. tab. 5.

Guill. Gasparrini, Nuove ricerche sopra alcuni parti di anatomia e fisiologia spettanti alla dottrina del Fico et del Caprifico. Rendicont. dell. R. Acad. delle sc. di Napoli. 1848. cah. 42. t. 1.

G. Thuret, Notes sur les anthérides des Fougères Ann. des scienc. nat. 3 Sér. T. XI. 1849. tab. 4.

J. Pineau, Recherches sur la formation de l'embryon chez les Conifères. Ann. d. scienc. nat. 3 Sér. T. XI. 1849. t. 1.

A. Wigand, Zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter. Botan. Zeit. 1849. Stk. 2—7.

Herm. Schacht, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Farnkräuter. Linnaea, 1849. p. 753. 1 Taf.

Idem, Entwicklungsgeschichte des Pflanzen-Embryon. 1850. 4. 26 Taf. (Preisschrift.)

W. Hofmeister, Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen (Moose, Farn, Equisetaceen, Rhizocarpeen und Lycopodiaceen) und der Samenbildung der Coniferen. 1851. 4. 23 tab.

K. B. Reichert, Die monogene Fortpflanzung. Zur Jubelfeier der k. Universität Dorpat am 12.—13. Dec. 1852. 4.

D. H. Itzigsonn, Ueber den männlichen Geschlechtsapparat bei Spirogyra und einigen andern Conferven. Botan. Zeitung. 1853. Stk. 13.

C. Nägeli, Systematische Uebersicht der Erscheinungen im Pflanzenreiche. 1853. 4.

W. Hofmeister, Ueber die Befruchtung der Farnkräuter. Bericht der kön. sächs. Gesellschaft der Wissensch. 22. April 1854.

Idem, Zur Morphologie der Moose. Dessgleichen Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. Bericht der kön. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. IV.

G. Thuret, Recherches sur la fécondation des Fucacées suivies d'observations sur les Anthéridies des Algues. Ann. d. scienc. nat. 4 Sér. II. p. 197.

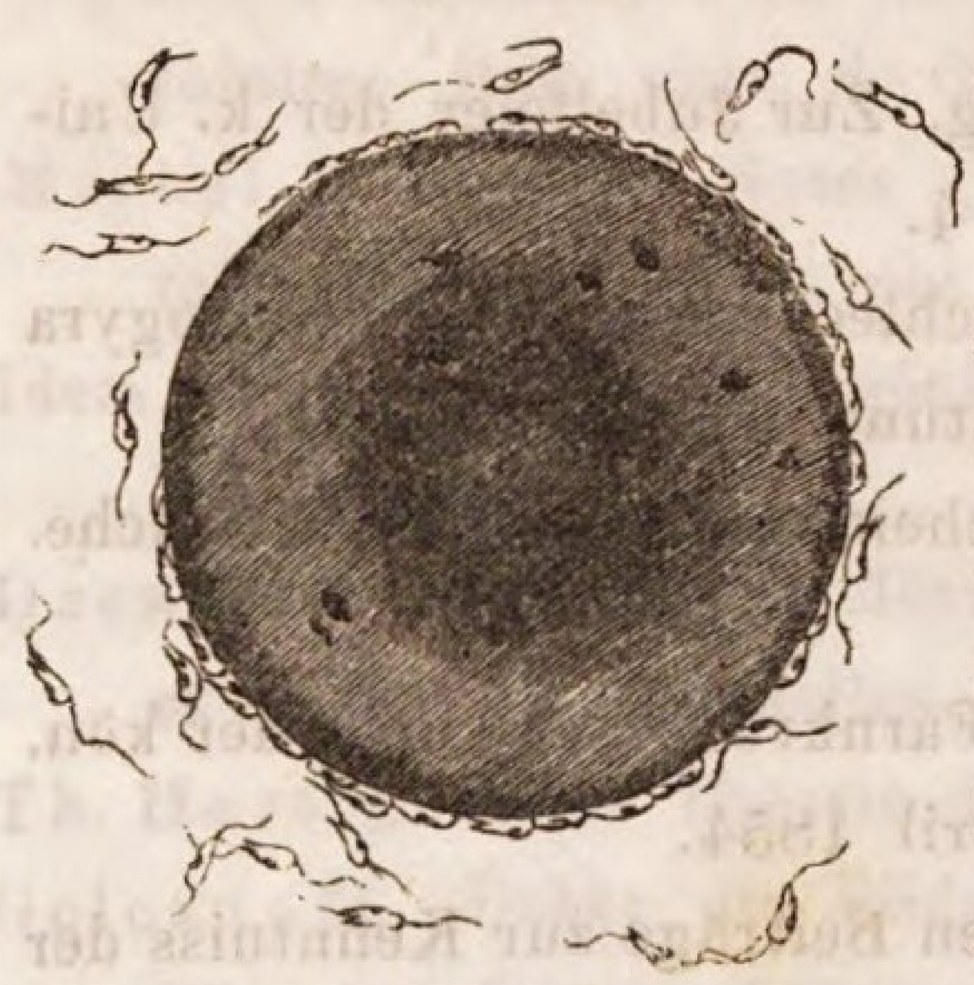
§. 197. Die Befruchtung (foecundatio) beruht auf einer noch unbekannten Einwirkung der Befruchtungszellen auf die Eizellen. Erstere stets aus dem Verbande mit anderen tretende Zellen bewegen sich nach den letzteren, wobei sie durch die räumlichen Verhältnisse

der Pflanzen unterstützt werden. Die Bewegung selbst ist eine locomotorische, d. i. durch Bewegungsorgane ermöglichte, oder eine Ortsveränderung in Folge des Wachsthumes, erstere bei einfacheren, letztere bei höher organisirten Pflanzen.

Archegonien und Antheridien finden sich immer sehr nahe gestellt, so dass die Uebertragung der Befruchtungszellen auf die Eizellen keinen grossen Schwierigkeiten unterliegt, aber selbst dort, wo die Entfernungen beider sichtlicher werden, stellt ein Tropfen Wasser die Brücke her, auf der Tausende von beweglichen Schwärmzellen ihre Wanderung vollführen, um ihre stillen Orgien zu feiern.

Nur bei monoecischen, noch mehr aber bei dioecischen Pflanzen ist durch die oft grosse Entfernung auch die Befruchtung grösseren Zufälligkeiten unterworfen, die jedoch auch hier nicht selten durch ein Zusammenwirken günstiger Umstände überwunden werden.

Fig. 134.



Bis auf die Oeffnungen der Archegonien, so wie durch den Canal der Archegonien bis zur Centralzelle, ja selbst ins Innere derselben vorgedrungen und in unmittelbarer Berührung mit der Eizelle (Keimbläschen), sind die Befruchtungszellen durch das Auge des Beobachters verfolgt worden, jedoch hat es nur bei den Vaucherien und Fucaceen bisher geglückt, dieselben in ihrem Verhältnisse zur Eizelle (Spore) näher zu belauschen.

Fig. 134. Eine Eizelle (Spore) von *Fucus vesiculosus* bei der durch Uebertragung von Antheridien eingeleiteten Befruchtung. Zahlreiche Schwärmzellen umgeben sie, legen sich an ihre Oberfläche an und bringen sie in eine rotirende Bewegung. Vergr. $^{330}/_1$. (Nach Thuret.)

Nach den Beobachtungen Thuret's (Ann. des scienc. nat. 4. Sér. II. 1854. p. 197) umschwärmen sie in grosser Menge die Eizelle, sich dabei enge an ihre Oberfläche legend, und durch ihre gemeinsamen Bewegungen auch sie in eine rotirende Bewegung versetzend *(Fig. 134)*. Stundenlang dauert diess Geschäft, dessen Folge die Keimung ist, welche ohne diese Einwirkung durchaus nicht Statt findet. Keine Schwärmzelle dringt in das Innere der Eizelle, doch hat es allen Anschein, als ob jene durch einen eigenen Antrieb zu dieser geführt würden (»qu'une impulsion particulière dirige les anthérozoïdes vers les corps, qu'ils doivent féconder«).

Nach Pringsheim (Ueber Befruchtung und Keimung der Algen etc.) hat sowohl bei Fucus vesiculosus als bei Vaucheria sessilis die Eizelle vor der Befruchtung noch keine Cellulosemembran. Die auf den Primordialschlauch (Hautschichte) derselben herandrängenden Spermatozoiden werden nach Bildung der Cellulosehaut von dieser in die nun erst fertig gewordene Eizelle mit eingeschlossen.

Fig. 135.



Anders ist es bei der durch den Pollen vermittelten Befruchtung. Die Pollenzelle, durch die eigene Schwere, durch Wind, Regen, durch Insecten u. s. w. auf die Narbe gebracht, treibt einen Schlauch (tubus pollinarius), der sich bald zwischen den locker verbundenen Papillen derselben einen Weg bahnt, ja oft in diese Zellen selbst eindringt *(Fig. 135)*. Durch die Narbenfeuchtigkeit, ein Secret derselben, ernährt, wächst er unaufhaltsam fort, und drängt sich zwischen den gestreckten Zellen des leitenden Zellgewebes (tella conductrix) des Griffelcanals durch, bis er in die Fruchthöhle gelangt. Bei diesem Wachsthum, wobei die kleine

Fig. 135. Einige Papillen-Zellen der Narbe von *Stellaria media* mit keimenden Pollenzellen in Verbindung. Der Keimschlauch der obersten ist bereits unter die Cuticula einer Zelle eingedrungen. Vergr. $^{1050}/_{1}$.

dem freien Auge nicht sichtbare Pollenzelle zuweilen (bei Mirabilis Jalappa, Cactus grandiflorus, Colchicum autumnale u. s. w.) eine Länge von mehreren Zollen erreicht, gehen auch Veränderungen im Inhalte vor sich. Die anfänglich dichtkörnige Substanz (Fovilla) wird verdünnt und zieht sich immer mehr nach dem unteren Ende. Man unterscheidet darin Amylumkörner (sehr deutlich bei Musa coccinea), Oeltröpfchen, Schleim u. s. w.

Während bei einigen Pflanzen dieser ganze Wachsthumsprozess in wenigen Stunden vor sich geht, brauchen andere Wochen und Monate dazu (Pinus).

Im Ei der Phanerogamen, welches keineswegs als eine Knospe anzusehen ist, obwohl sich aus ihm eine solche zu entwickeln vermag, bildet sich gleichzeitig in einer abgerundeten Zellgewebsmasse (Kern, nucleus) eine der Zellen zur Spore oder zum Embryosacke aus. Die ganze Masse wird durch eine oder mehrere hautartige Falten bis auf die Spitze zugedeckt, und lässt nur hier einen kleinen offenen Zugang, den Eimund (Micropyle), übrig.

Nach diesem richtet sich die bis hieher gelangte Spitze des Pollenschlauches, dringt in dieselbe ein, und vermag sich auch durch die oberflächlichen Zellen des Nucleus Bahn zu machen.

Indess sind im Embryosacke durch freie Zellbildung mehrere Zellen entstanden, die besonders im oberen Theile Posto fassen. Sie sind die Eizellen, die zu befruchten sind. Bis zu diesen, jedoch in der Regel durch den umgebenden Embryosack getrennt, dringt der Pollenschlauch vor, tritt durch die ungemein zarte Zellhaut mit dem Inhalte in Berührung, und vollendet damit die Befruchtung, in Folge dessen in der befruchteten Eizelle, und nur in dieser, die Bildungsthätigkeit erwacht, und mit Hervorbringung des Embryo's schliesst.

Lage, Stellung und Ausbildung der verschiedenen Theile des Eies, und namentlich des Embryosackes und der Keimbläschen, bringen in dem Befruchtungsgange mancherlei Modificationen hervor.

Die Hindernisse, die sich dem leichten Zusammentreffen der beiden geschlossenen Fortpflanzungszellen entgegenstellen und dadurch das Befruchtungsgeschäft erschweren, werden durch die reichliche Menge der Pollenzellen gegen die Zahl der Eier aufgewogen. Köhlreiter fand in einer Blüthe bei Hibiscus Trionum 4863 Pollenzellen, und bei Orchys Morio mögen einer Schätzung zu Folge in einer einzigen Anthere wohl an 120000 vorhanden sein, ungeachtet die Zahl der zu befruchtenden Eier dagegen sehr gering ist. Doch was sind diese Zahlen gegen die Miriaden der schwärmenden Befruchtungszellen bei niederen Pflanzen, z. B. bei Fucaceen, obgleich man mit Grund vermuthen kann, dass ihrer viele zur Befruchtung einer Eizelle nothwendig sind. Bei Hibiscus Trionum haben sich nach Versuchen eine Zahl von 50—60 Pollenzellen zur Befruchtung von einigen 30 Eiern hinlänglich gezeigt. Ueberdiess trägt die lange Keimfähigkeit der Pollenzellen nicht wenig dazu bei, die Befruchtung, selbst unter ungünstigen Umständen, möglich zu machen.

§. 198. Bei jeder Fortpflanzungsweise werden auf den entstehenden Keim alle Eigenschaften des Mutterkörpers übertragen und diess um so leichter, je einfacher die Fortpflanzung vor sich geht.

Treten in der geschlechtlichen Fortpflanzung die Fortpflanzungszellen zweier verschiedener Pflanzen zusammen, so entsteht, im Fall dieselben eine nicht bedeutende Verschiedenheit der Form zeigen, eine Zwischenform, die sich jedoch durch geschlechtliche Fortpflanzung in der Regel nicht zu erhalten vermag.

Es ist eine der gemeinsten Erfahrungen, dass Gestalt und sonstige Eigenschaften von den Mutterpflanzen auf die Tochterpflanzen übergehen, und dass, wo ja Abweichungen von dem gesetzmässigen Gange erfolgen, sie nur die Folge äusserer, theils vorübergehender, theils constanter Einflüsse sind. Mit dem Aufhören solcher Einwirkungen kehrt die veränderte Form immer wieder in das normale Geleise zurück.

Es ist ferner eine Erfahrung, dass unter allen Fortpflanzungsarten die geschlechtliche Fortpflanzung am leichtesten kleinere oder grössere Ablenkungen von dem Urtypus zulässt. Solche Ablenkungen erfolgen in höherem Grade durch das Zusammentreffen der Fortpflanzungszellen verschiedener Formen; es ist jedoch ein allgemein giltiges Gesetz, dass ein Einwirken derselben auf einander nur dann erfolgt, wenn die Aehnlichkeit ihrer Mutterorganismen gross ist, und wenn noch andere, bisher unbekannte Bedingungen begünstigend einwirken. Die Folge der Befruchtung von Eizellen durch Befruchtungszellen fremder Abkunft ist die Entstehung einer Mittelform, welche Eigenschaften sowohl der einen wie der andern Mutterpflanze vereiniget, jedoch von jener mehr, der eine typische Uebermacht zukommt, gleichgiltig ob sie empfangend oder befruchtend wirkt. Dieser Vorgang wird Kreuzung — Hervorbringung einer Zwischenform (Hybriditas) — genannt, und die daraus entstandenen abweichenden Formen bezeichnet man mit dem Ausdrucke Bastarde (plantae hybridae).

Nach den bisherigen Erfahrungen finden in dem Gesammtleben der verschiedenen Pflanzen, wobei ähnliche Formen in Bezug auf Standort sich oft sehr nahe kommen, solche Kreuzungen nicht selten Statt. Aeussere Einflüsse sind immer als die Vermittler derselben zu betrachten. Die Bastarde finden sich dann in der Nähe der elterlichen Pflanzen, aber da sie sich durch Zeugung in der Regel nicht zu erhalten vermögen, so verschwinden sie wieder, wenn sie nicht durch neue Bastardirungen ersetzt werden. Man hat solche Bastardformen durch alle Reihen des Gewächsreiches gefunden, von den Algen angefangen bis zu den vollkommensten Pflanzen. In manchen Familien, in manchen Gattungen sind sie häufiger als in andern. Als solche können genannt werden die Synanthereen, Scrophularineen, Solanaceen, Campanulaceen, Primulaceen, Gesneraceen, Ericaceen, Salicineen u. s. w., und namentlich die Gattungen Crinum, Salix, Cirsium, Cineraria, Hieracium, Inula, Digitalis, Verbascum, Nicotiana, Gentiana, Saxifraga, Dianthus, Potentilla, Anemone u. s. w.

Thuret (l. c. p. 206) fand, dass Fucus vesiculosus, dessen Eizellen sich leicht durch die Schwärmzellen von Fucus serratus, aber nicht umgekehrt, befruchten lassen, in zahlreichen Bastardformen vorkommt, deren mütterliche Abstammung unverkennbar in ihrer Gestalt ausgeprägt ist. Dasselbe ist an den Bastardformen von Digitalis purpurascens und Digitalis media, die stets in Gesellschaft ihrer Stammältern, Digitalis lutea, purpurea und grandiflora, vorkommen, beobachtet worden. (Bogenhard, Flora, 1841. Nr. 10.)

Ausser den Bastarden, die sich zwischen zwei, durch Artunterschiede ausgezeichnete Pflanzen bilden, und die man daher auch Mittelspecies (Mule) nennt, gibt es auch Bastarde, die durch Kreuzung zwischen Varietäten der Arten entstehen. Diese letzteren nennt man zweckmässig Mischlinge oder Mittelschläge (Crossbred). Beobachtungen und Versuche haben gezeigt, dass die Entwicklung der weiblichen Geschlechtsorgane (Pistille) bei beiden regelmässig vor sich geht, während die männlichen Geschlechtstheile bei den ersteren nur sehr unvollkommen ausgebildet werden. Nicht selten verwandeln sich ihre Antheren sogar in Blumenblätter, noch mehr aber weichen die Pollenzellen in Textur und Inhalt von der Regel ab. Sie sind daher zur Befruchtung unfähig, und daher geschieht es, dass solche Mittelspecies unfruchtbar bleiben, wenn nicht durch den Pollen der Stammältern oder ihrer Abarten dieselbe vollzogen wird. Findet das erstere Statt, und gibt die väterliche Stammpflanze den Pollen her, so bilden sich daraus vorschreitende, d. i. zum Typus des Vaters zurückkehrende Schläge, durch den Pollen der Mutter sogenannte Rückschläge, welche letztere auch in der Regel schneller als erstere erfolgen. Die Befruchtung der Mittelspecies durch Varietäten der älterlichen Stammpflanzen erzeugt Tincturen oder Umschläge, die, da sie stets gut ausgebildeten Pollen hervorbringen, auch leicht durch Fortpflanzung sich vervielfältigen. Auf die einflussreichste Weise hat diese Fähigkeit zur Bastardirung der Gartenbau zu benützen gesucht, und eine Menge von Formen her-

vorgerufen, deren Stammältern uns mehr oder weniger gar nicht mehr bekannt sind.

Wallroth, Schedae criticae. p. 247.
H. A. F. Wiegmann, Ueber die Bastarderzeugung im Pflanzenreiche. 1828 4. 1 Taf.
C. Nägeli, Die Cirsien der Schweiz. (Neue Denkschriften der schweizerischen Gesellschaft für Naturwissenschaft.) V. 1841. 4. 8 tab.
Idem, Ueber einige Arten der Gattung Hieracium. Zeitschr. für wiss. Bot. Heft II. 1845. p. 103.
A. Braun, Cirsium Brunneri (tuberoso-rivulare), eine neue Bastardart, beschrieben von, Flora, 1846. p. 1—5.
C. F. Gärtner, Beiträge zur Kenntniss der Befruchtung der vollkommneren Gewächse. I. 1844.
Idem, Versuche und Beobachtungen über die Bastarderzeugung im Pflanzenreiche. 1849. Preisschrift.
Wichura, Ueber künstlich erzeugte Weidenbastarde. Einunddreissigster Jahresbericht der schles. Gesellschaft für vaterländ. Cultur. 1853. p. 160.
J. F. Klotzsch, Pflanzenbastarde und Mischlinge, so wie deren Nutzanwendung. Monatsbericht der k. Akad. d. Wissensch. 1854.

§. 199. Die Generationsfolge der von einander abstammenden Individuen erhalten die Eigenschaften der Mutterpflanze nur bis auf einen gewissen Grad. Die kleineren durch Beobachtung constatirten Abweichungen werden Abartung (Varietas), und diese wieder Unterart (Subspecies), Spielart (Varietas s. st.) oder Abänderung (Variatio) genannt, die grösseren bilden sich zur Artverschiedenheit aus. Die Mannigfaltigkeit des Gewächsreiches kann nur hierin ihren Grund haben.

Bisher hat die durch Zeugung von einander abstammende Generationsfolge, wenn gleich in ihren einzelnen Gliedern hie und da Veränderungen der Eigenschaften (veränderliche Merkmale) wahrnehmbar waren, dennoch den sichersten Anhaltspunct zur Vereinigung derselben unter dem Begriff von Art gegeben.

Unbekümmert um die Entstehung dieser, und bei dem Umstande, dass die Generationsfolge für die meisten Pflanzen auf dem Wege der Beobachtung nur auf eine geringe Menge von Individuen ausgedehnt werden kann, haben die Aehnlichkeitsverhältnisse oder die Uebereinstimmung der Form zur f a c t i s c h e n Bildung der Pflanzenarten hinreichen müssen.

Es ist dabei aber von der keineswegs fest begründeten Voraussetzung ausgegangen worden, dass alle Individuen der Generationsfolgen, so weit diese nur immer möglich sind, in ihren wesentlichen Eigenschaften u n v e r ä n d e r l i c h bleiben, indess die Möglichkeit des Gegentheils durch kein Argument aus der Erfahrung entkräftet werden kann.

In unserer dermaligen Begriffsbestimmung der Pflanzenart werden wir daher von der Voraussetzung der Stabilität derselben geleitet, die nichtsweniger als für eine Thatsache angesehen werden kann.

Dagegen lässt sich die Unmöglichkeit der Entstehung irgend einer Pflanze auf originäre Weise als sicher begründet annehmen. Es bleibt somit für die Erklärung über den Ursprung der Verschiedenheit der Pflanzen nichts übrig, als die nichts weniger als feststehende Annahme von der Unveränderlichkeit der Art zu verwerfen, und im Fortpflanzungsvorgange zugleich das Mittel zu erkennen, wodurch dieselbe herbeigeführt worden ist.

Die Geschichte der Pflanzenwelt, welche zeigt, wie eine vollkommen gesetzmässige Folge der Pflanzenformen in den grösseren Zeitperioden der Erdbildung sich nach und nach ablösten, spricht nicht wenig für diese Annahme. Die Stabilität der Art kann demnach nur eine beschränkte sein. Die Umstände, welche eine Artveränderung herbeiführen, und auf welche Weise dieselbe zunächst ausgeführt wird, sind uns noch völlig unbekannt.

F. U n g e r, Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt. 8. 1852.
Dr. H. S c h a a f f h a u s e n, Ueber Beständigkeit und Umwandlung der Arten. Verhandlung d. naturhist. Vereins für Rheinland u. Westphalen. 1853.

§. 200. Die verschiedenen Fortpflanzungsweisen kommen selten vereinzelt, sondern meist vereiniget in den Pflanzen vor. Gewisse Formen schliessen sich mehr oder weniger aus, die verbreitetsten sind die Fortpflanzung durch Knospung und durch Eibildung, selten ist die Fortpflanzung durch Copulation.

Obwohl die verschiedenen Arten der Fortpflanzung nur als Entwicklungsstufen eines und desselben Prozesses zu betrachten sind, so tragen sie dennoch zur gegenseitigen Unterstützung wesentlich bei, und bedingen einander in dem Endresultate, d. i. in der Vermehrung des Individuums. Es ist längst durch Beobachtung ermittelt, wie eine Form die andere ersetzt, und daher selten zwei oder gar drei Arten von Fortpflanzung zugleich thätig sind. Nur Knospen- und Eibildung machen hierin eine Ausnahme, die nur zu häufig mit einander Hand in Hand gehen. Gewisse Formen der Fortpflanzung, wie z. B. die Theilung, ferner die Knospung durch Brutzellen und Brutknospen, kommen nur bei niedern Pflanzen vor. Die verhinderte Fortpflanzung durch Samen bei höheren Pflanzen wird durch Knospen (Bulbilli) ersetzt, umgekehrt bringt eine übermässige Entwicklung der Knospen eine Unfruchtbarkeit in der Samenbildung hervor u. s. w.

VI. Abschnitt.

Von der Wärme- und Lichtentwicklung.

§. 201. Mit den verschiedenen in der Pflanze vor sich gehenden chemischen Prozessen ist als Gesammtwirkung eine bestimmte Temperatur, eine Eigenwärme, nothwendig verbunden. Dieselbe wird, je nach der Intensität und dem Wechsel dieser Prozesse, mannigfaltigen Schwankungen unterworfen sein, so wie an ver-

schiedenen Theilen der Pflanze in verschiedenem Grade in die Erscheinung treten.

Es kann keinem Zweifel unterworfen sein, dass bei den verschiedenen Vorgängen, wodurch gasförmige und flüssige Körper in feste Substanzen übergehen, anderseits Flüssigkeiten in Dunstform ausgeschieden werden, Wärme frei oder gebunden wird, und dass dieses an den verschiedenen Theilen und Organen der Pflanze auf eine sehr mannigfaltige Weise vor sich gehen muss, da dieselben oft die Träger der verschiedensten Prozesse sind. Zwei Prozesse sind es jedoch vor allen andern, welche auf das Maass der Eigenwärme den grössten Einfluss nehmen; der eine ist die Fixirung des Kohlenstoffes aus luftförmigen Verbindungen, der andere die Verdunstung des der Pflanze überflüssigen Wassers von ihrer Oberfläche durch die Transspiration. Beide Prozesse sind mit einer nicht unbedeutenden Wärmebindung verknüpft. Die Temperatur der Pflanze kann sich demnach selbst unter den günstigsten Verhältnissen wenig oder gar nicht über die äussere Temperatur oder über die Temperatur des Mediums, in welchem sie vegetirt, erheben.

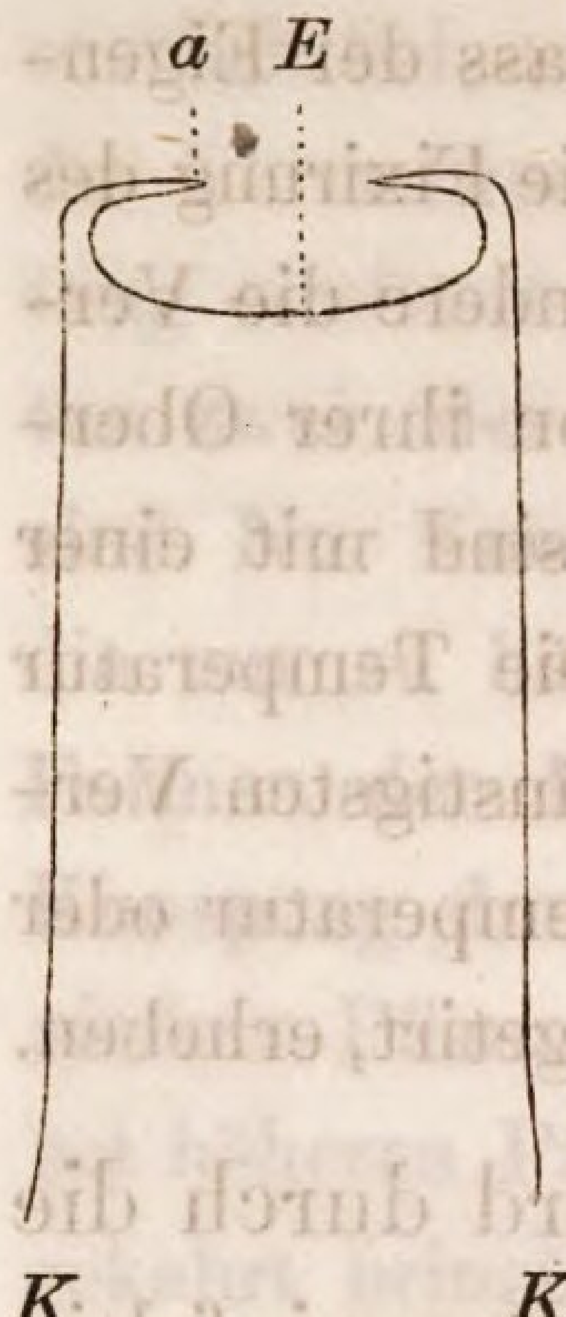
§. 202. Die Eigenwärme der Pflanze wird durch die Temperatur des sie umgebenden Mediums mannigfaltig modificirt und ist zugleich durch die Leitungsfähigkeit ihrer Substanzen bedingt. Luft, Wasser und die höchst verschiedenen erdigen Substanzen des Bodens, so wie anderseits die mehr oder minder lockere oder dichtere Pflanzensubstanz müssen bei der Wärmemenge und ihrer Vertheilung im Pflanzenkörper sich am einflussreichsten erweisen.

Nach allen diesen Umständen ist es sehr schwer, sich von dem Maasse der Eigenwärme und von den Schwankungen, die sie allein, abgesehen von allen äussern Einflüssen in Folge der Lebenserscheinungen erfährt, zu überzeugen, und es gehören com-

plicirte Methoden dazu, diesen Gang anschaulich zu machen. Bisher ist dafür nur Theilweises geleistet worden, und nur die auffallendsten Erscheinungen haben eine Erklärung finden können.

Becquerel und nach ihm Van Beek, Bergsma und Dutrochet haben, um die Eigenwärme der Pflanzen zu bestimmen, sich der thermo-elektrischen Nadel bedient. Da dieser Apparat aber nur dazu dient, um die elektrische Strömung, welche bei Verschiedenheit der Temperatur zweier Körper eintritt, zu bestimmen, so wird durch denselben die Wärme nur indirect gemessen.

Fig. 136.



Der Apparat (*Fig. 136*) besteht aus einem Eisendraht *E* und aus zwei gleich langen Kupferdrähten *K*, welche an ihrem Ende *a* mit den Enden von *E* zusammengelöthet, zwei mit einander verbundene Doppelnadeln bilden, von denen die eine, nachdem sie vorher gefirnisst oder lackirt worden, in den zu untersuchenden Körper etwa 2 Millimeter tief, die andere in einen Körper gebracht wird, dessen Wärme bekannt ist. Die beiden freien Enden der Kupferdrähte werden mit einem Multiplicator in Verbindung gesetzt, und die dabei erfolgende Abweichung der Magnetnadel zeigt die Wärmedifferenz der beiden Körper. Will man diese Differenz in Thermometergraden ausdrücken, so muss die Grösse der Abweichung der Magnetnadel für 1° C. bestimmt werden. Gewöhnlich sind 16 Grade der Kreisscala gleich 1° C. Man prüft dieses durch Eintauchen der Löthstelle 5 Millimeter tief in gewärmtes, und der andern in ungewärmtes Oel. — Auf diese Weise hat Dutrochet die Eigenwärme mehrerer Pflanzen, namentlich der Turionen von Spargel u. a. m. bestimmt. Dass zur Erzielung fehlerfreier Resultate bei dergleichen Versuchen die grösste Vorsicht nothwendig ist, versteht sich von selbst.

In andern Fällen, wo die Wärmedifferenzen grösser sind, reichen kleine Thermometer, die der Pflanze sehr nahe gebracht oder in ihre Substanz eingesenkt werden, hin.

Becquerel, Observations sur les moyens à employer pour évaluer la température des végétaux. Ann. d. scienc. nat. 2 Sér. XII. p. 82.
Van Beek et Bergsma, Expériences sur la température des végétaux Ann. d. scienc. 2 Sér. XII. p. 90.
Dutrochet, Recherches sur la température propre des végétaux. Ann. d. scienc. nat. 2 Sér. XV. 1839. p. 77.

§. 203. Die Eigenwärme der Pflanze ist in den gewöhnlichen Entwicklungszuständen derselben durch alle ihre Theile immer niederer als die Temperatur der umgebenden Atmosphäre und nur in dem Falle, als die Verdunstung gehemmt ist, um $^1/_{12}$ bis $^1/_3$ Procent über dieselbe erhöht. Die Wärme steigt und fällt in 24 Stunden und erreicht zwischen 10 und 2 Uhr das Maximum, um Mitternacht das Minimum.

Diese Versuche wurden von Dutrochet mittelst der zuvor beschriebenen thermo-elektrischen Nadel an verschiedenen Pflanzen, und zwar an Wurzeln, Blättern, Blüthen, Früchten und Samen, an jungen saftigen Trieben, Knospen u. s. w. angestellt, wobei sich dieselben unter einer Glasglocke, in einer mit Wasserdünsten geschwängerten Luft befanden. Nur bei einer Lufttemperatur, die 15° übersteigt, werden die Differenzen erst deutlich bemerkbar. Eine künstliche Entziehung des Lichtes bei Tage brachte sogleich eine Veränderung der Temperatur der Pflanze hervor, ohne dass jedoch die gewöhnliche Periodicität dabei litt.

Beispielsweise führe ich hier die an einem abgeschnittenen Stengel von Euphorbia Lathyris L. nach den verschiedenen Tagesstunden gefundenen Veränderungen der Eigenwärme an, während welcher Zeit die Lufttemperatur des gegen Norden gelegenen Versuchslocales nur zwischen 16·2° C. und 17·8° C. schwankte. Am dritten Tage war keine Eigenwärme mehr bemerklich. Bei Cactus flagelliformis, die eine geringere Eigenwärme zeigte, war dieselbe auch bei Nacht vorhanden.

Beobachtungszeit	Eigenwärme	Beobachtungszeit	Eigenwärme
5. Juni 6 Uhr	0·09 C°	6. Juni 6 Uhr	0·00 C°
» 7 »	0·11 »	» 7 »	0·03 »
» 8 »	0·12 »	» 8 »	0·06 »
» 9 »	0·18 »	» 9 »	0·09 »
» 10 »	0·25 »	» 10 »	0·11 »
» 11 »	0·28 »	» 11 »	0·15 »
» 12 »	0·31 »	» 12 »	0·15 »
» 1 »	0·34 »	» 1 »	0·18 »
» 2 »	0·28 »	» 2 »	0·12 »
» 3 »	0·28 »	» 3 »	0·12 »
» 4 »	0·18 »	» 4 »	0·06 »
» 5 »	0·12 »	» 5 »	0·03 »
» 6 »	0·06 »	» 6 »	0·03 »
» 7 »	0·03 »	» 7 »	0·015 »
» 8 »	0·03 »	» 8 »	0·00 »
» 9 »	0·015 »	» 9 »	0·00 »
» 10 »	0·00 »	» 10 »	0·00 »

Bei Ueberblickung der Versuche fällt sogleich ein Umstand von besonderer Wichtigkeit auf, nämlich, dass nur weiche und grüne, d. i. krautartige Theile, wie z. B. Stengel, so lange sie nicht verholzt sind, eine, wenn gleich sehr schwache Eigenwärme erkennen lassen. Nicht also in Theilen, wo Neubildungen und Verholzungen, mit einem Worte, Celluloseproduction Statt findet, sondern in Theilen, welche die ersten Assimilationsproducte liefern, die mit Zersetzung der Kohlensäure und mit theilweiser Oxydation (Verbrennung) der Kohlenstoffverbindungen vergesellschaftet sind, zeigt sich eine solche Eigenwärme. Es ist nahe zu vermuthen, dass diese geringen Grade der Temperaturserhöhung, welche bei unterdrückter Transspiration Statt findet, in der That von einer langsam und in geringem Grade vor sich gehenden Verbrennung in diesen Theilen herrührt, wenn die Periodicität dieser

Erscheinung mit den bisherigen Erfahrungen über die Aufnahme von Sauerstoff und Abscheidung der durch ihn gebildeten Kohlensäure damit übereinstimmten. Diess ist nach den von mir über eingeschlossene Pflanzentheile angestellten Versuchen (Sitzungsbericht der kais. Akademie d. Wissensch. XII. p. 367) sehr wohl möglich, denn es hat sich dadurch herausgestellt, dass eingeschlossene Pflanzentheile und Pflanzen bei Ausschluss des directen Sonnenlichtes (unter welchen Umständen auch Dutrochet experimentirte) stets Sauerstoff aus der Atmosphäre aufnehmen, und dass diese Aufnahme häufig bei Tag stärker ist als in der Dunkelheit. Um jedoch über allen Zweifel zu gelangen, dass die geringe Eigenwärme der Pflanzen nichts anders als das Resultat der fortwährenden bald stärker, bald schwächer vor sich gehenden Oxydation der grünen und zarten Pflanzensubstanz ist, wird es nöthig sein, die anzustellenden Temperatursversuche in Gemeinschaft mit chemischen Versuchen auf eine grössere Reihe von Tagen, als es bisher geschah, auszudehnen.

Auf eine bei weitem ungenügendere Weise sind die Versuche Göppert's über Wärmeentwicklung angestellt. Sie betreffen sowohl keimende als in ihrer Entwicklung fortgeschrittene Pflanzen. Dadurch, dass sie in grosser Menge über einander gehäuft und mit schlechten Wärmeleitern umgeben wurden, hat sich bei vielen eine die umgebende Lufttemperatur um mehrere Grade (1 — 25° C.) überschreitende Wärme zu erkennen gegeben.

Es kann keineswegs in Frage gestellt werden, dass auch hier, namentlich bei keimenden Samen, wo bei Umwandlung der Stärke in Zucker Kohlensäure entwickelt wird, die erhöhte Wärme nur Folge einer mehr oder minder raschen Verbrennung ist. Im minderen Grade wurde die Wärmeentwicklung bei angehäuften Zwiebeln, Knollen, bei jungen Pflanzen (Hafer, Mais, Erbsen, Sedum acre, Spergula arvensis), bei blühenden Gewächsen (Hyoscyamus niger, Solidago arguta), bei unreifen (grünen Bohnen) und reifen Früchten (Mespilus Cotoneaster) u. s. w. beobachtet. Allein es bleibt bei allen diesen Versuchen unentschieden, in wie weit die

beginnende Gährung, die nicht abgewehrt werden konnte, auch ihren Antheil an der Erhöhung der Temperatur hatten.

Mehr im Einklange mit den Erfahrungen Dutrochet's sind die Beobachtungen Schübler's und Neuffer's, welche den Holzkörper der Bäume am geeignetsten hielten, Aufschluss über die Eigenwärme der Pflanzen zu ertheilen. Demzufolge wurden in Bohrlöcher der Stämme Thermometer versenkt, und die Veränderungen seiner Quecksilbersäule mit den gleichzeitig im Freien angestellten Beobachtungen verglichen. Allein wenn man bedenkt, dass Holz der lebenden Pflanzen am wenigsten freie Wärme zeigt, die Wärmeleitungsfähigkeit desselben aber nach der Lage der Faserung eine sehr verschiedene ist, überdiess bei allen solchen Untersuchungen die störenden Einwirkungen kaum zu eliminiren, selbst nicht einmal leicht in Rechnung zu bringen sind, so ist es begreiflich, wie auch von dieser Seite das Vorhandensein einer Eigenwärme der Pflanzen nicht sichergestellt werden konnte. Während nach Nau die mittlere Temperatur der Bäume mit der mittlern Lufttemperatur übereinstimmt, fanden Schübler und Neuffer dieselbe im Sommer um 0·74° bis 1·27° kälter, dagegen im Frühjahr um 0·7° bis 1·38° wärmer.

H. R. Göppert, Ueber die Wärmeentwicklung in den Gewächsen und die Erscheinungen beim Gefrieren derselben. 1830.

Idem, Ueber Wärmeentwicklung der lebenden Pflanzen. 1832.

Schübler und Neuffer, Untersuchungen über die Temperatur der Vegetabilien. 1839.

Dutrochet, Recherches sur la chaleur propre des êtres vivants à basse température. Ann. d. scienc. 2 Sér. XIII. 1840. p. 1. 1 tab.

§. 204. Die grösste Wärmeentwicklung der Pflanzen findet während der Zeit des Blühens in ihren Blüthen statt. Blüthenstände mit sehr angehäuften Blüthen und von aussen durch Blüthenhüllen geschützt zeigen oft eine Erhebung der Temperatur, welche die Lufttemperatur um 20 und mehr Grade übertrifft. Auch hier

erfolgt die Wärmeausscheidung in Folge der Sauerstoffverzehrung.

Seit langem ist die beträchtliche Wärmeentwicklung in den Blüthen der Aroideen bekannt. Arum maculatum, A. italicum, A. Dracunculus, Caladium viviparum, C. pinnatifidum, Calla aethiopica, Amorphophallus campanulatus und vorzüglich Colocasia odora, wurden mehrmals der Gegenstand solcher Untersuchungen.

Die Wärmeentwicklung zeigte auch hier eine Periodicität, doch scheint das Maximum und Minimum nach verschiedenen Umständen zu sehr verschiedenen Tageszeiten einzutreten. Der Sitz der stärksten Wärmeausscheidung ist nach Eröffnung der Spatha stets jene Stelle des Spadix, der die männlichen Blüthen enthält. Nach Entleerung des Pollens werden die obern mit den abortirten Stauborganen besetzten Theile wärmer, während die untern erkalten. Die Entfernung der Spatha wirkt im Ganzen nicht hemmend. Dasselbe findet auch in den gehäuften Blüthenständen der männlichen Zapfen von Cicas circinalis Statt. Die grösste Wärme wurde (auf Java) bei einer Lufttemperatur von 25° C. mit 29° C. Abends von 6 bis 10 Uhr wahrgenommen, während die mittägliche Wärme oft die der Pflanze übertraf.

Bei einzelnen grösseren Blüthen, wie Cactus grandiflorus, Bignonia radicans, Polyanthes tuberosa, hat sich die Eigenwärme nie über 1—2° C. des umgebenden Mediums erhoben.

Schon Saussure (Annal. d. Chim. d. Phys. XXI. p. 279) hatte an Arum maculatum die Ursache der vermehrten Wärme darin gefunden, dass der nicht mit Blüthen besetzte Theil des Spadix in 24 Stunden das 30fache, der mit Blüthen versehene dagegen das 132fache seines Volumens Sauerstoff aufnahm, während vor und nach der eintretenden Wärmeentwicklung sich die Aufnahme des Oxygens desselben auf das 5fache beschränkte.

Gleiche Resultate erhielten auch Vrolik und Vriese aus ihren Experimenten mit Colocasia odora. Ohne die blühende Pflanze im geringsten zu verletzen, wurde ihr Spadix mit Oxygengas in

Berührung gebracht, und daneben eine zweite Pflanze dieser Art während ihrer Blüthenentwicklung beobachtet. Es zeigte sich, dass die Wärmeentwicklung jener die Wärmeentwicklung dieser stets übertraf. Die Differenz der Luft- und Blüthentemperatur war dort 4·2 und 7·8, hier hingegen 3·9 und 5·3. Umgekehrt hatte selbst ein längeres Verweilen des blühenden Spadix im Stickstoffgas keine Erhöhung der Temperatur zur Folge. Schon die rohen Versuche Hubert's mit Einhüllung des Spadix in Oel, Honig, oder durch Eintauchen in Wasser, hatten gleiche Erfolge.

W. H. de Vriese, Recherches sur l'élévation de la température du spadice du Colocasia odora. Ann. d. sc. nat. 2 Sér. V. p. 134.

Idem, Proeven op de verhoogde temperatuur van den Spadix eener Colocasia odora (Caladium odorum) gedaan in den hortus botanicus te Amsterdam. Tijdschrift voor naturl. Gesch. II. p. 296.

Van Beek et Bergsma, Observ. thermo-électr. sur l'élévation de température d. fleurs d. Colocasia odora. 1838.

G. Vrolik et W. H. de Vriese, Nouvelles expériences sur l'élévation de température du spadice d'une Colocasia odora (Caladium odorum) faites au Jardin botanique d'Amsterdam. Ann. d. sc. nat. 2 Sér. XI. 1839. p. 65. 1 tab.

W. H. de Vriese, Nieuwe Waarnemingen over eene verhoogde temperatuur bij de mannelijke bloem von Cycas circinalis en den spadix van Amorphophallus campanulatus, waargenomen in s' Lands te Buitenzorg op Java, door J. E. Teysman. Algem. Konst- en Letterbode. 1851. Nr. 6.

§. 205. Unabhängig von den Wärmeerscheinungen werden auch Lichterscheinungen bei den Pflanzen beobachtet, die sich jedoch nur auf gewisse Arten und auf besondere Theile beschränken.

Die Lichterscheinungen werden entweder 1. an abgestorbenen Pflanzentheilen, z. B. an morschem Holze oder an ausfliessenden Säften, beobachtet; 2. sie finden an den Blüthen mehrerer Pflanzen unter gewissen, selten zusammentreffenden Bedingungen Statt, oder 3. sie sind an den Spitzen einer im Dunkeln vegetirenden Pflanze (Rhizomorpha) zu erkennen.

Der Grund dieser Erscheinung ist noch unbekannt, wahrscheinlich sind jedoch in allen Fällen Prozesse mit Leuchtgasbildung damit in Verbindung.

Am wenigsten zweifelhaft dürfte das Phosphoresciren des morschen Holzes einem langsamen Verbrennungsprozesse zuzuschreiben sein. Das phosphorescirende Holz ist immer in einem hohen Grade morsch und dadurch weich. Ausgetrocknet verliert es diese Eigenschaft für immer. Die Structur scheint keinen Einfluss auf diese Eigenschaft zu haben. Ich sah Nadelholz und Laubholz, obgleich sehr selten, phosphoresciren. Auch nach Hartig's Beobachtungen geht das Licht des leuchtenden Holzes nicht von Pilzen des weissfaulen Holzes, sondern von der Substanz des Holzes aus. Von dem Leuchten des Milchsaftes der Euphorbia phosphorea gibt uns Martius (Reise nach Brasilien II. p. 726 u. 746) Nachricht.

Lichterscheinungen sind ferner an verschiedenen Pflanzen während des Blühens in den Monaten Juli und August nach Sonnenuntergang bei sehr heisser Witterung beobachtet worden. Linné's Tochter bemerkte zuerst ein blitzendes Leuchten in schwüler Gewitternacht an Tropeolum majus; später wurden ähnliche Beobachtungen auch an andern, meist gelbgefärbten Blumen beobachtet. Die Lichterscheinungen schienen immer von den Geschlechtsdecken auszugehen. Die Pflanzen, an welchen derlei Erscheinungen beobachtet wurden, sind: Lilium bulbiferum und chalcedonicum, Helianthus annuus, Tagetes patula und erecta, Calendula officinalis, Gorteria ringens, Tropeolum majus und minus, Chrysanthemum inodorum, Oenothera macrocarpa, Phytolacca decandra und Polyanthes tuberosa.

Von grösserem Interesse und im Zusammenhange mit dem Vegetationsprozesse ist das Leuchten der Rhizomorpha subterranea. Bei zahlreichen Befahrungen von Gruben ist es mir nur ein einzigesmal, und zwar zu Radoboj, gelungen, mich von diesem sehr auffallenden Phänomene zu überzeugen. Die an der Innenwand feuchter Bergwerke vorkommende Rhizomorpha entwickelt

zuweilen ein sehr intensives phosphorescirendes Licht, so, dass man in der Nähe der Lichtquelle vorhandene Gegenstände zu unterscheiden im Stande ist. Es sind nur die lichten Spitzen des verzweigten Thallus, welche jenen wechselnden, bald stärkeren, bald schwächeren Schimmer verbreiten. Die anatomische Untersuchung zeigt, dass diess von einer nicht unbeträchtlichen Schichte Zellgewebes herrührt, deren sehr enge, zu einem Bündel vereinigte cylindrische Zellen durch eine reichliche Intercellularsubstanz verbunden sind. Diese leuchtende Schichte, welche die erwähnten Spitzen weisslich erscheinen lässt, verliert sich fast ganz über dieselben hinaus.

Dass der Vorkeim von Schistostega osmundacea, der von Bridel als Catoptridium smaragdinum beschrieben wurde, kein phosphorescirendes, sondern vielmehr ein mildes, smaragdgrünes Licht entwickle, welches durch eine eigene Reflexion und Refraction des Tageslichtes bewirkt wird, habe ich Flora 1834, Nr. 3, nachgewiesen. Eben dasselbe beobachtete Dr. Milde an dem Vorkeim von Farn und an den Blättern von Minium punctatum, welche andauernd von Wassertropfen umgeben waren. (29. Jahrb. d. schles. Gesellsch. f. v. Kult. 1851. p. 82.)

Dr. Nees v. Esenbeck d. ält., Noeggerath, Dr. Nees v. Esenbeck d. jüng. und D. G. Bischoff, Die unterirdischen Rhizomorphen, ein leuchtender Lebensprozess. Nov. Act. A. N. C. XI. P. 2. p. 603.

Th. Hartig, Ueber das Leuchten des weissfaulen Holzes. Botan. Zeitung. 1855. 2. Stk.

VII. Abschnitt.

Von den Bewegungserscheinungen.

§. 206. Die Bewegungserscheinungen der Pflanzen erfolgen erstens an einzelnen Zellen und Zellfamilien, zweitens an grösseren und kleineren Complexen von Zellen, von welchen alle Raumveränderungen der mit ihnen in Verbindung stehenden Pflanzentheile abhängen.

Von diesen den lebenden Pflanzen eigenthümlichen Bewegungserscheinungen müssen alle der abgestorbenen Pflanzensubstanz zukommenden Raumveränderungen ausgeschlossen werden.

Die Bewegungserscheinungen an Pflanzen sind mit wenigen Ausnahmen nicht sehr in die Augen fallend. Die meisten erfolgen so langsam, dass man sie ohne fortdauernde Beobachtung kaum wahrnimmt. Die meisten sind mit den Wachsthumserscheinungen auf das Innigste verknüpft und fallen daher mit diesen zusammen, nur einige wenige erfolgen rascher und unmittelbar auf die Einwirkung äusserer Reize; diese gleichen dann Bewegungserscheinungen, wie wir sie am thierischen Organismus als eines der hervortretendsten Phänomene wahrnehmen. Solche Erscheinungen zeigen nun alle Pflanzen, deren einzelne Theile periodisch verschiedene Richtungen annehmen (Schlafen und Wachen), so wie jene, welche auf angebrachte Reize Krümmungen, Faltungen u. dgl. hervorbringen. Eine andere Reihe von Bewegungserscheinungen sind nur durch das bewaffnete Auge zu erkennen. Sie sind die lebhaftesten von allen, ohne bestimmte Richtung, können verlangsamt und beschleunigt werden, so dass sie allen Anschein willkürlicher Bewegung an sich tragen. Diese Bewegungen sind bisher nur an vereinzelten oder familienweise verknüpften Zellen wahrgenommen worden.

§. 207. Die Bewegungen einzelliger Pflanzen und einiger isolirter Zellen höher entwickelter Pflanzen werden durch contractile Bewegungsorgane, schwingende Wimpern und Fäden, die als Ruderwerkzeuge wirken, bewerkstelliget, und sind auch in jenen Fällen als vermittelnde Organe der Bewegung anzunehmen, wo sie bisher wahrscheinlich wegen ihrer Kleinheit noch nicht optisch nachgewiesen werden konnten. Die Bewegungen erfolgen meist regelmässig, doch kennt man die dabei herrschenden Gesetze nur unvollständig.

In den Bewegungen der einzelligen Pflanzen und der Fortpflanzungszellen höherer Pflanzen lässt sich ein auffallender Unterschied darin wahrnehmen, dass man von einem Theile Bewegungen ohne deutliche Organe ausgeführt sieht, während dem andern Theile dazu eigene Organe nie mangeln. Zu den ersteren gehören die Vibrionien, welche den Wasserpilzen (Mycophyceae) beizuzählen sind, die Oscillarien, Diatomeen und Desmidiaceen. Die Bewegungen bestehen in Drehungen um ihre Achse, in Biegungen und Undulationen, und endlich in einem einfachen Vor- und Rückwärtsschreiten. Bisher haben die optischen Instrumente und die angewandten Methoden es noch nicht vermocht, die näheren Ursachen dieser oft sehr raschen und veränderlichen Bewegungen zu entdecken. Dass dieselben eine Folge der bei dem Ernährungsvorgange stattfindenden Aufnahme und Ausscheidung von Flüssigkeiten sei, ist nicht wahrscheinlich; eben so haben die vermeintlichen fussförmigen Bewegungsorgane der Diatomaceen keine Bestätigung gefunden.

Desto überraschender erscheinen in den sogenannten Schwärmzellen und Samenfäden, die in der Regel ganz nach dem Typus einfacherer Infusorien ausgebildeten Bewegungsorgane, die bald kürzere wimperartige Fortsätze ihrer Oberfläche, bald fäden- und peitschenartige Anhängsel darstellen, durch deren Bewegung sowohl Achsendrehung als Locomotion bewerkstelligt wird.

Hr. Wichura hat dieselben auf allgemeine mechanische Gesetze zurückzuführen gesucht (Ueber Achsendrehung der Schwärmsporen und Infusorien. Dreissigster Jahresbericht der schles. Gesellschaft f. vaterl. Cultur. 1852. p. 73). Nur bei den Schwärmsporen der Vaucheria sind sie bisher etwas genauer studirt worden. Es hat sich gezeigt, dass die Achsendrehung bei diesen stets nach rechts (sich in die Achse gedacht) erfolgt, dass ferner bei Beengung des Bewegungsraumes, z. B. in einem flach ausgebreiteten Tropfen Wassers, auch die Vorwärtsbewegung kreisend und zwar gleichfalls von links nach rechts erfolgt, und dass endlich bei partieller Lähmung (?) der Bewegungsorgane vor dem Tode sogar eine

geradlinige Seitenbewegung nach rechts, nie nach links Statt findet. Um diese verschiedenen Bewegungen ausführen zu können, müssen die Schwingen der Cilien nicht blos einer einfachen, d. i. einer nach links und nach hinten erfolgenden Krümmung fähig, sondern auch die Kraft ihres Ruderschlages und die Richtung zu verändern im Stande sein. In andern Fällen ist sowohl die Achsendrehung als die fortschreitende Bewegung grösseren Veränderungen unterworfen, doch weiss man gegenwärtig noch nicht, wie viel davon äusseren Einflüssen, namentlich dem Lichte, der Wärme, chemischen und mechanischen Einwirkungen zuzuschreiben ist.

Ueber die Schnelligkeit der Bewegungen liegen bereits mehrere Untersuchungen vor. So fand ich z. B. in den bewegenden Zellfäden von Nostoc verrucosum die gleichmässig erfolgende Bewegung für eine Secunde nur 0·00014‴, d. i. ungefähr den zehnten Theil der Länge eines Gliedes (Zelle). In den Oscillarien, Diatomaceen erfolgt sie häufig rascher. Auch in dieser Beziehung bot die Schwärmspore der Vaucheria wieder das passendste Object. Es wurden in langen senkrecht gestellten Glasröhren die Bewegungen der Schwärmsporen von dem Zeitpuncte ihres Freiwerdens an beobachtet. Dieselben erfolgten fast durchaus in der gleichen Richtung mit der Glasröhre mit geringer Seitenbewegung und stetig so, dass die Höhe eines Zolles in 63 bis 65 Secunden zurückgelegt wurde, was für eine Secunde etwas über $^1/_5$‴ gibt. Dieses geschah in den tiefsten Schichten des Wassers eben so wie in der oberflächlichsten. Nimmt man, wie ich bereits bemerkte, die Spore zu $^1/_{13}$‴ Länge, so legt sie schwimmend in jeder Secunde einen Weg zurück, der das $2^1/_2$malige ihrer Körperlänge ausmacht, während in derselben Zeit ein Mensch im Gehen nicht viel mehr als seine halbe Länge zurücklegt. Diese Bewegungen können also schnell genannt werden.

F. Unger, Ueber Spirillum Oscillatoria. Nova Acta A. N. C. XVIII. P. 2. p. 705.

Dr. Stiebel, Ueber den Bau und das Leben der grünen Oscillatorie (Lysogonium taenioides). Mus. Senkenb. B. III. 1839. p. 79.

Dr. Purkinje, Verhandlungen der schles. Gesellschaft. 1841. p. 86.

Dr. G. Fresenius, Ueber den Bau und das Leben der Oscillatoria. Mus. Senkenb. B. III. p. 265.

G. Thuret, Note sur le mode de reproduction du Nostoc verrucosum. Ann. d. scienc. nat. 1844. p. 319.

F. Cohn, Untersuchungen über die Entwicklungsgeschichte der mikroskopischen Algen und Pilze. Nova Acta A. N. C. XXIV. P. 1. 1854. p. 103.

F. Unger, Ueber die Bewegungen der Zellfäden von Nostoc verrucosum Vauch. (Beiträge zur Kenntniss der niedersten Algenformen etc.) Denkschrift d. k. Akad. d. Wiss. Bd. VII. 1854.

§. 208. Die Bewegungserscheinungen höherer Pflanzen hängen sowohl von der Beschaffenheit der Zellen als von den Structurverhältnissen derjenigen Theile ab, durch welche dieselben vermittelt werden. In Beziehung auf erstere sind die Volumensveränderungen zu berücksichtigen, welche hervorgehen erstens aus dem Inbibitionsvermögen, zweitens aus der Elasticität ihrer Membran.

Die Erklärung der bisher so räthselhaften Bewegungserscheinungen höherer Pflanzen kann nur einiger Massen gelingen, wenn wir auf die elementare Zusammensetzung derjenigen Theile zurückgehen, von welchen die Bewegung ihren Ursprung nimmt, und hier insbesonders die Eigenschaft der Zellen, sich nach Umständen zu verkleinern und zu vergrössern, einer genauen Untersuchung unterziehen.

Im Allgemeinen erfolgt eine Ausdehnung und Zusammenziehung der Zellmembran, und dadurch eine Vergrösserung oder Verkleinerung der Zelle

A. durch Aufnahme (Absorption) und Abgabe von Wasser. Es bildet diese Eigenschaft ihr Absorptions- oder Inbibitionsvermögen, welches um so grösser ist, d. h. um so grössere Unterschiede zwischen dem wasserfreien und mit Wasser getränkten Zustande zeigt, je dünner und je gallertartiger (weniger fest) die

Zellmembran ist. Es beruht auf diesem Vermögen die Hygroscopicität der verschiedenen Pflanzentheile und kommt der todten leblosen Zellmembran eben so gut als der lebenden zu. Versuche haben gezeigt, dass dieses Vermögen bei verschiedenen Pflanzen und ihren Theilen sehr verschieden ist, so dass ihr Coëfficient von $^1/_{1000}$ bis nahe zu $^1/_2$ wechselt, d. h. dass sich die Zellen in Folge dieser Eigenschaft um die Hälfte ihres Durchmessers bis zu dem tausendsten Theile zusammenziehen und ausdehnen.

Hiebei ist allerdings auch auf die Einfaltung der Zellmembran Rücksicht genommen, welche schon bei einem geringen Grade des Feuchtigkeitsverlustes durch den Druck der atmosphärischen Luft erfolgt, und die man auch willkürlich durch Auspumpen der dem Zellsafte beigemengten Luft herbeiführen kann.

B. Eine zweite Ursache der Volumsveränderung der Zelle beruht in dem Vermögen der Zellhaut durch mechanische Krafteinwirkung (Druck, Spannung u. s. w.) ausgedehnt zu werden und bei Aufhebung derselben wieder ihren vorigen Zustand der Ausdehnung zu erlangen. Es ist diess das Vermögen der Elasticität. Obgleich dieses Vermögen gering ist, so kommt es doch jeder Pflanzenmembran zu und bewirkt jene Unterschiede des Volumens der Zelle, welche zwischen einem Spannungszustande (Turgescenz) und dem der Collabescenz wechseln. In der lebenden Pflanze ist jede Zelle, so lange sie durch Endosmose ernährt wird, in einem Zustande einer grossen oder geringern Spannung. Versuche, welche ich über die Amplitude der durch Turgescenz hervorgerufenen Zustände der Zelle anstellte, gaben mir folgende Resultate. Natürlich war dabei nothwendig, nicht wie bei den erstgenannten Versuchen die Pflanzensubstanz im lufttrocknen und befeuchteten Zustande mit einander zu vergleichen, sondern die gewöhnlichen Zustände, d. i. jene den vegetirenden Zellen zukommenden Umstände mit dem durch längeres Verweilen im Wasser erlangten Zustande.

Zu diesem Zwecke wurden aus dem Parenchyme verschiedener Pflanzentheile in Form eines länglichen Rechtecks herausge-

schnittene dünne Plättchen vor und nach der Befeuchtung mit Wasser gemessen. Die bei der Wasseraufnahme durch die häufig erfolgte Krümmung entstandenen Bogenlinien wurden durch Messung der Corda und der Sinus versus berechnet. Der Ausdehnungscoëfficient schwebte von $^1/_{80}$ bis $^1/_5$. Er hatte z. B. in der Wurzel von Scilla maritima 0·012, in dem Blattstiel von Echium giganteum 0.175, im Mark des jungen Stengels von Pelargonium zonale 0·172—188, in der obern Wulsthälfte von Mimosa pudica nach eigenen Bestimmungen 0·138, nach Brücke's Angaben 0·215.

Selbst das ausgezeichnetste elastische Gewebe hat daher einen viel geringeren Spielraum von Ausdehnung und Zusammenziehung durch die Wirkung der Elasticität als durch die Wirkung der Inbibition.

Parenchymatische Zellen von dünnen, weichen, gallertartigen Wänden zeigen sich eben so elastisch und ausdehnsam als Zellen mit dicken und starren Wandungen. Kommt nun noch ein solcher Inhalt hinzu, der die Endosmose verhältnissmässig steigert, so befinden sich solche Zellen immerwährend in einem gewissen Grade der Turgescenz, der Spannung.

Für die Elasticität der Gewebe ist es dabei ganz gleichgiltig, ob die Zellen ganz und gar durch eine Zwischenzellensubstanz verbunden sind, oder ob diese zum Theile durch Luftgänge ersetzt ist.

Bis zu einem gewissen Grade besitzen alle Pflanzenzellen und Gewebe Elasticität, wodurch eine Menge der gewöhnlichsten Erscheinungen, die auf die Erhaltung ihrer Integrität Bezug haben, herbeigeführt werden. In besonderem Grade ist es aber diese Eigenschaft, welche die Phänomene selbstständiger Bewegung möglich machen. Es ist hiezu nur eine gewisse Verbindung mit andern Gewebstheilen erforderlich.

Wird ein dünner fadenförmiger und wenig ausdehnsamer Gewebstheil, z. B. ein Gefässbündel von elastischem Zellgewebe umgeben, so wird derselbe im lebenden Zustande immer straff ausgespannt erhalten, so lange das umgebende Zellgewebe durch Endos-

mose seine Turgescenz unterhielt. Da diese nach allen Seiten in der Regel in gleichem Maasse Statt findet, so wird der an Einem Puncte entstehende Spannungszustand durch dasselbe Maass der Spannung der andern Puncte im Gleichgewichte erhalten. Nur Verletzungen können in diesem Falle Bewegungserscheinungen hervorbringen.

Anders ist es, wenn das elastische Gewebe nicht nach allen Seiten gleichförmig entwickelt ist. Die Veränderungen im Gleichgewichtsstande müssen daher in Bewegungen, entsprechend der Organisation — nach den Seiten, oder nach oben und unten, ausschlagen. Ein Heben und Senken, ein Krümmen und Strecken der Pflanzentheile ist eine nothwendige Folge davon.

§. 209. Der Gleichgewichtszustand der Bewegungsorgane ist ein labiler, er wird durch Wasseraufnahme und Wasserabgabe der Zellen (Turgescenz) hergestellt, und kann durch Veränderungen in diesem Vorgange am leichtesten gestört werden. Mechanische und chemische Reize bewirken stets dergleichen Veränderungen, erstere rascher als letztere, daher die Bewegungen ungleich. Die schwächeren bringen die Erscheinungen von Schlaf und Wachen, die stärkeren alle Reizbewegungen hervor. Zwischen beiden findet kein qualitativer, sondern nur ein quantitativer Unterschied Statt.

Alle, sowohl die auffallenden als die unscheinbaren Bewegungen der Pflanzen, können nur durch Störung des Gleichgewichtszustandes in den einzelnen Theilen der Bewegungsorgane hervorgebracht werden, und diess um so leichter, durch je geringere Mittel dieselbe herbeigeführt wird. Ein geringerer Grad von Endosmose auf der einen Seite bringt eine geringere Turgescenz und damit ein Ueberwiegen der Spannung der andern Seite hervor. Die Tags- und Nachtstellung vieler Pflanzentheile ist ein

Resultat der durch verschiedene Function derselben hervorgebrachten Spannungsverhältnisse. Die Bewegung wird eine um so grössere Ausdehnung erlangen, je grösser die Unterschiede der Spannung sind. Gewöhnlich gehen diese Bewegungen eben so allmälig vor sich, als die Spannungsverhältnisse sich ändern. Ausnahmen finden sich ausserordentlich selten, wie z. B. bei Desmodium gyrans und Megaclinium falcatum.

Anders ist es wo die Spannung in den Bewegungsorganen durch die Elasticität der Zellen, durch die leichte Veränderlichkeit ihrer endosmotischen Zustände und durch adäquate Structurverhältnisse einen eben so leicht veränderlichen Gleichgewichtszustand hervorbringen. Der geringste chemische oder mechanische Reiz (Druck, Verletzung etc.) bewirkt in der betroffenen Zelle oder Zellgewebspartie eine Störung, die sich eben so rasch auf alle mit derselben verbundenen Zellen überträgt und ein Ueberwiegen der dieser entgegengesetzten Seite hervorruft.

Austritt von Zellsaft aus der turgescirenden Zelle dürfte in den meisten Fällen, namentlich bei Anwendung mechanischen Reizes, die nächste Ursache des gestörten Gleichgewichtes sein. Die aus den turgescirenden Zellen ausgetretenen Säfte ergiessen sich entweder oberflächlich, wie das der Fall bei den Bewegungen der Stauborgane, der Griffel u. s. w. der Fall ist, oder sie werden grossentheils von luftführenden Intercellulargängen aufgenommen, ohne dass dabei eine Compression der in ihnen enthaltenen Luft zu erfolgen braucht. Diess ist z. B. in dem Wulstparenchym der Mimosa pudica, sensitiva u. s. w., und noch mehr in dem Blattläppchen der Dionoea muscipula der Fall.

In beiden Fällen kann der ausgetretene Zellsaft wieder durch Endosmose in die theilweise entleerten Zellen aufgenommen werden, und dadurch den ursprünglichen Gleichgewichtszustand hervorrufen. Die Schnelligkeit dieser Wiederaufnahme bedingt die wiederholte Reizfähigkeit, und ist nicht nur von organischen Zuständen, sondern von Temperatur, Lichteinfluss u. s. w. abhängig.

§. 210. Alle Bewegungen der Pflanzentheile erfolgen periodisch durch regelmässige Veränderungen äusserer Einflüsse oder mehr unregelmässig in Folge äusserer oder innerer Reize. Die sich bewegenden Theile sind durchaus Blattorgane, Laub-, Blumenblätter-, Stauborgane, Griffel. Ihre Bewegungen bestehen in Krümmungen und Faltungen der beweglichen Theile, wodurch vorzugsweise die Bewegung des Aufrichtens und Niederlegens hervorgebracht wird.

Alle Bewegungserscheinungen, welche nicht in unmittelbarer Verbindung mit dem Wachsthum stehen, sind bisher nur an Pflanzentheilen wahrgenommen worden, die eine eigenthümliche Form, Structur und Verbindung mit andern Theilen zeigen. Während zarte, mit Gelenken versehene Blätter, zumal die zusammengesetzten Blätter der Leguminosen und Oxalideen beweglich sind, zeigen lederartige, fleischige und nicht mit Gelenken versehene Blätter keine Spur davon.

Auf alle Bewegungen, vorzüglich aber auf die periodischen, haben Licht und Wärme den grössten Einfluss; auf die erhöhte oder verminderte Wirksamkeit derselben beruhen die meisten periodischen Ortsveränderungen und das Maass derselben.

In der Regel streben die Blätter bei ihrer Bewegung diejenige Lage wieder einzunehmen, die ihnen in ihrem früheren Lebensalter zukam, und junge Blätter kehren beinahe zur Knospenlage zurück. An zusammengesetzten Blättern ist zum Theil nach Art der Zusammensetzung die Bewegung eine einfache, eine doppelte, oder gar eine dreifache. Die einfache Bewegung kann nach aufwärts (Faba vulgaris), nach abwärts (Lupinus) oder nach der Seite (Tamarindus) erfolgen. Bei der doppelten Bewegung kann sich der gemeinschaftliche Blattstiel heben oder senken, während sich die Blättchen abwärts oder seitwärts bewegen (Amorpha fruticosa, Gleditschia triacanthos). Bei der dreifachen

Bewegung senkt sich der gemeinsame Blattstiel, die besondern Blattstiele neigen sich zusammen und die Blättchen heben sich (Mimosa pudica).

Derlei Stellungen der Blätter und Blattorgane werden, wenn sie zu einer bestimmten Tageszeit eintreten und länger andauern, mit dem Namen Pflanzenschlaf (somnus plantarum) bezeichnet. In diesem Oeffnen und Schliessen der Laub- und Blumenblätter verhalten sich die verschiedenen Gewächse sehr verschieden. So z. B. öffnet sich Porlieria hygrometrica von 5—9 Uhr Vormittags und schliesst sich von 2—7 Uhr Nachmittags; Mesembryanthemum noctiflorum öffnet sich bei Nacht und ist bei Tag geschlossen.

Indem daher beinahe jede Tageszeit diese oder jene Pflanze zum Oeffnen ihrer Blätter und Blüthen bringt, lässt sich aus einer passenden Zusammenstellung derselben sogar eine Art von Zeitmaass, eine sogenannte Pflanzenuhr (horologium florae) construiren.

Alle diese periodischen Bewegungen erfolgen ziemlich allmälig. Nur wenige Pflanzen sind davon ausgenommen, wo sie mehr oder minder rasch vor sich gehen. Dahin gehören Desmodium gyrans, gyroides, vespertilionis, cuspidatum und laevigatum, Megaclinium falcatum und Pterostylis, so wie mehrere Stylidium-Arten (Stylidium adnatum, graminifolium und corymbosum).

Bei Desmodium gyrans, einer Pflanze, die auch in unseren Gewächshäusern fortkömmt, sind die Bewegungen des Blattes wahrhaft magisch zu nennen. Bei grosser Wärme (und nur unter dieser Bedingung sind die Bewegungen rasch) hebt und senkt sich das grössere Endblättchen zwar nur nach längeren Intervallen (Tag und Nacht), dagegen machen die beiden kleinen Seitenblättchen, unabhängiger vom Einflusse des Lichtes, ihre kreisenden Bewegungen schon in wenigen Secunden. Oft erfolgen diese Raumveränderungen ruckweise, so dass man versucht ist, hierin die Ueberwindung irgend eines Hindernisses, welches sich der fortschreitenden Bewegung entgegenstellt, zu suchen. Auch die Bewegung des Labellums von Megaclinium falcatum erfolgt bei hinlänglicher Wärme in Perioden von mehreren Minuten auf und ab,

und ist verschieden von den oscillirenden Bewegungen, welche in Folge von Erschütterungen bei der ausserordentlichen Elasticität ihres Trägers so leicht vor sich gehen.

Bei weitem träger sind die Bewegungen des Griffelsäulchens von Stylidium. —

Viel auffallender sind im Allgemeinen die unregelmässigen Bewegungen, die in Folge äusserer oder innerer Reize vor sich gehen.

Zu den Pflanzen, deren Blätter dergleichen mehr oder minder rasche Bewegungen zeigen, und welche man vorzugsweise mit dem Namen Sinnpflanzen bezeichnet, gehören vor allen viele Mimosa-Arten, als Mimosa pudica, sensitiva, prostrata, casta, viva, asperata, quadrivalvis, pernambuca, pigra, humilis, pellita, dormiens, dann Aeschinomene sensitiva, indica, pumila, Smithia sensitiva, Desmanthus stolonifer, triquetris, lacustris; ferner Oxalis sensitiva, und in minderem Grade Oxalis stricta, acetosella, corniculata, purpurea, carnosa, Deppei, und endlich die merkwürdige Dionoea muscipula. Pflanzen, deren Staubfäden rasche Bewegungen nach der Narbe hin zeigen, sind alle Arten von Berberis und Mahonia, ferner Parietaria judaica, Sparmannia africana, Cereus grandiflorus, einige Arten von Cistus, und mehrere Pflanzen aus der Abtheilung der Cynarocephalae, Medicago und minder rasch bei den meisten Pflanzen, wobei zugleich Uebertragung des Pollens auf die Narbe Statt findet, wie z. B. bei Parnassia palustris; Pflanzen, deren Staubwege eine Bewegung darbieten, sind: Goldfussia anisophylla, Martynia, Mimulus Lewesii Pursh, und im geringeren Grade gleichfalls mehrere Pflanzen.

H. Göppert, Ueber die Einwirkung der Narcotica auf Pflanzen. Flora, 1828. p. 431.

H. v. Mohl, Ueber die Reizbarkeit der Blätter von Robinia. Flora, 1832. II. Nr. 32.

Dassen, Naturkundige Verhandelingen von de Hollandsche Maatschappy der Wetenschappen te Harlem. II. Deel. 1835. p. 309.

Idem, Tigdschrift vor natuurlyke Geschiedenis en Phys. 1837. IV. p. 106.

Ch. Morren, Recherches sur le mouvement et l'anatomie de Stylidium graminifolium. Mém. d'Acad. roy. d. scienc. de Bruxelles. 1838.

Idem, Recherches sur le mouvement et l'anatomie du style du Goldfussia anisophylla. Mém. d'Acad. roy. d. scienc. de Bruxelles. 1839.

Idem, Notes sur l'excitabilité et le mouvement de feuilles chez les Oxalis. Bullet. de l'Acad. etc. VI. Nr. 7.

Idem, Recherches sur le mouvement et l'anatomie des étamines du Sparmannia africana. Nouv. Mém. de l'Acad. roy. d. scienc. de Bruxelles. XIV. 1841.

Idem, Observations sur l'anatomie et la physiologie du Cereus. Bullet. de l'Acad. etc. V. VI.

Idem, Recherches sur le mouvement et l'anatomie du Labellum du Megaclinium falcatum. Nouv. Mém. de l'Acad. Brux. XV. 1842. Ann. des scienc. nat. 1843. p. 91.

F. A. W. Miquel, Untersuchungen über die Reizbarkeit der Blätter von Mimosa pudica. Archiv für Physiologie. 1839. I. p. 91.

C. B. Presl, Ueber die Reizbarkeit der Staubfädenröhre bei einigen Arten des Schneckenklee's (Medicago). Vermischte botan. Aufsätze.

Ernst Brücke, Ueber die Bewegungen der Mimosa pudica. Archiv fü Anatomie und Physiologie von Müller. 1848. p. 434.

Herm. Hoffmann, Untersuchungen über den Pflanzenschlaf. 1851. 8.

§. 211. Die Organisation der Bewegungsorgane der Sinnpflanzen bieten im Allgemeinen eine dreifache Verschiedenheit dar.

1. Ein stielrunder oder etwas verbreiteter Theil aus zartem elastischen Zellgewebe bestehend, wird in der Mitte von einem dünnen Gefässbündel durchzogen. Es erfolgen auf den Reiz sowohl Biegungen als Streckungen.

2. Ein dicker, kurzer (wulstiger), aus elastischem Parenchym gebildeter stielrunder Theil enthält in seiner Mitte einen ungetheilten schwachen Holzbündel. Es erfolgen auf den Reiz der Länge nach Krümmungen, wobei die daran befestigten Theile mitgezogen werden.

3. Ein stielrunder, mit einem Gefässbündel versehener, und zu beiden Seiten in Platten auslaufender Pflanzentheil aus gross-

zelligem Merenchyme zieht sich auf den Reiz der Breite nach zusammen, und hebt und senkt dadurch die Seitenplatten.

Zur ersten Abtheilung gehören vorzugsweise die stielförmigen Organe der Staubfäden von Berberis, Mahonia und Sparmannia, ferner das Griffelsäulchen von Stylidium, und der Stiel der Honiglippe von Megaclinium. In der Narbe von Mimulus ist der Stiel verbreitert, jedoch sonst von gleicher Organisation. Die Staubfäden von Berberis und Mahonia sind am Grunde des Fruchtknotens eingelenkt, allein sie bewegen sich nicht im Gelenke, sondern indem sie sich nach einwärts, d. i. nach jenem hin, krümmen *(Fig. 137)*. Durch die ganze Länge des ungleich dicken Staubfadens zieht sich ein äusserst zarter Gefässbündel, der von sehr zahlreichen Lagen langgestreckter cylindrischer und zum Theil spindelförmiger Zellen umgeben ist. Die Zellen sind mehr dick- als dünnwandig zu nennen. Ihre Membran ist weich und sehr elastisch, und quillt in verdünnter Schwefelsäure ausserordentlich auf. Alle diese Zellen sind durch eine reichliche, eben so weiche und elastische Intercellularsubstanz der Art miteinander verbunden, dass nicht der mindeste Raum für einen luftführenden Intercellulargang übrig bleibt, die daher in diesem Fasergewebe ganz und gar fehlen. Davon wesentlich verschieden ist jedoch die äusserste Zelllage, das Epithelium, welches aus papillartig aufgetriebenen, umgekehrt konischen, ziemlich grossen Zellen besteht, die mit Saft erfüllt, zugleich die Träger eines gelben, in Körnchen abgelagerten Farbestoffes sind. Ein Reiz was immer für einer Art, wodurch aber jedenfalls der Turgescenzzustand die-

Fig. 137.

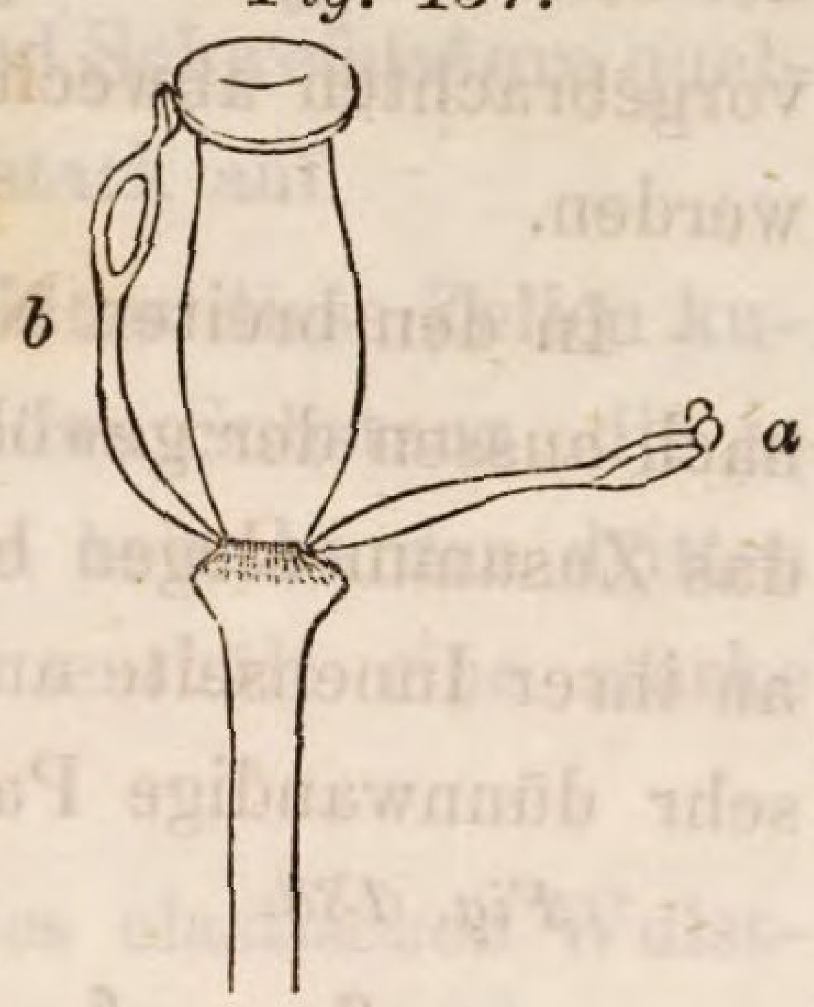


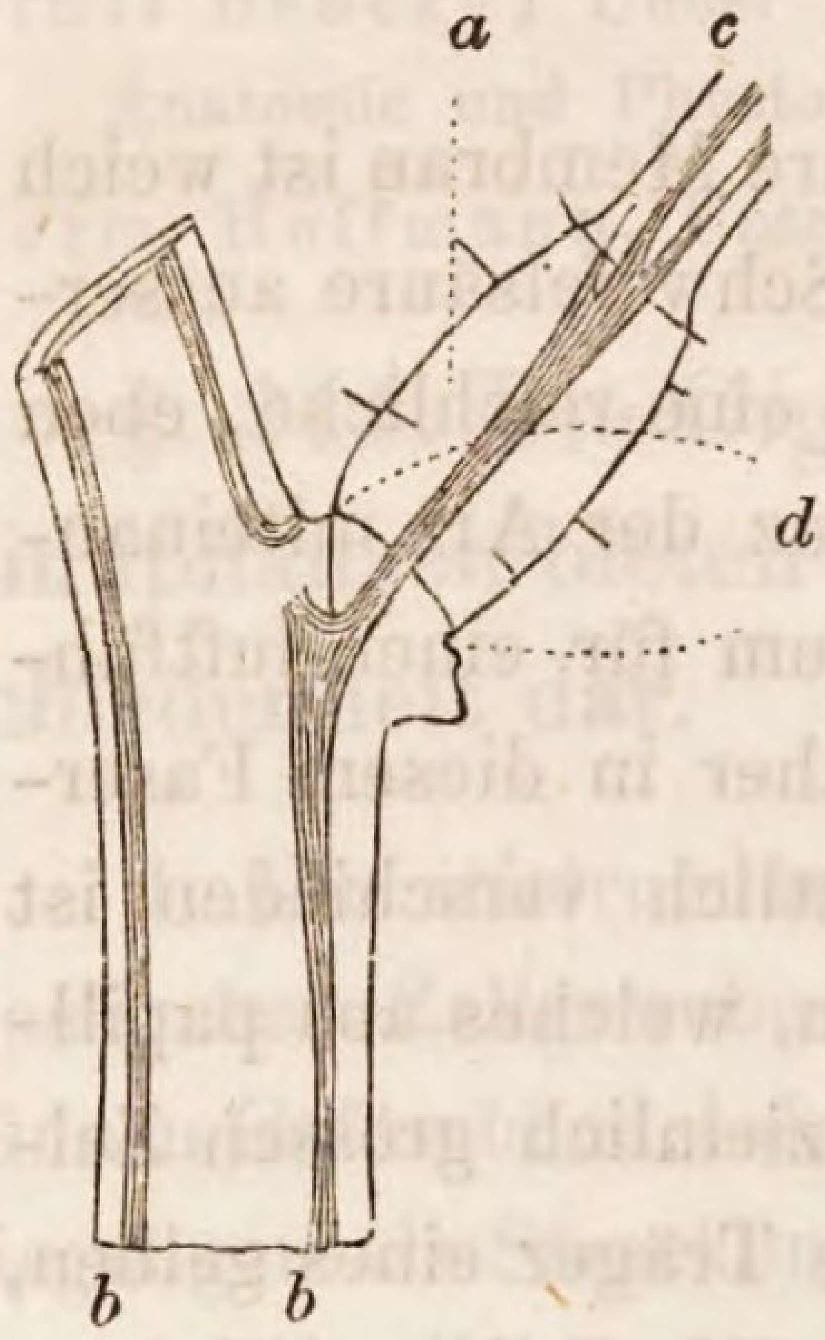
Fig. 137. Theil einer Blüthe von *Berberis vulgaris*, nach Entfernung von Kelch und Blumenblättern so wie aller Stauborgane, bis auf zwei, wovon eines *a* in normaler Lage, *b* das andere nach Einwirkung des Reizes in gekrümmter Stellung sich befindet. Vergr. $^5/_1$.

ser oberflächlichen Zellen vermindert wird, bringt, an der Innenseite der Staubfäden angebracht, eine Krümmung nach eben dieser Seite mit sich, die aber nach Herstellung des ursprünglichen Turgescenzzustandes jener Zellen, was oft schon nach fünf Minuten der Fall ist, in die ursprüngliche Streckung übergeht.

Aehnliches mag auch bei Stylidium und Megaclinium der Fall sein, obgleich hier die Gleichgewichtszustände der beiden Seiten der stielförmigen Körper in Folge einer durch innere Reize hervorgebrachten abwechselnden Anschwellung (Turgescenz) bewirkt werden.

In den breiten Narbenlappen von Mimulus ist die Krümmung nach aussen der gewöhnliche Zustand und die Streckung, wodurch das Zusammenlegen beider Lappen geschieht, ist eine Folge des an ihrer Innenseite angebrachten Reizes. In die Länge gestreckte, sehr dünnwandige Parenchymzellen bilden nebst den papillösen Zellen der Innenseite den elastischen Bewegungsapparat.

Fig. 138.



Die zweite Abtheilung fasst die mit einem eigenthümlichen Wulstparenchym versehenen Blattstiele und Blattstielchen vieler Pflanzen in sich. Hieher gehören alle reizbaren Leguminosen und Oxalideen. Der Bau dieser Theile bei Mimosa pudica ist folgender *(Fig. 138)*.

Ein centraler, von oben nach unten breitgedrückter Holzkörper (aus mehreren vereinigten Gefässbündeln bestehend) nimmt

Fig. 138. Ein Zweig von *Mimosa pudica* mit dem daran befindlichen Blattstiel der Länge nach halbirt und viermal vergrössert. *a* Das Wulstparenchym der Blattstielbasis. *b* Der Holzkörper des Zweiges, mit den in den Wulst tretenden Gefässbündeln. *c* Dieselben nach dem Austritt aus dem Wulst getheilt. *d* Lage des gereizten Blattstieles.

genau die Mitte eines wulstigen, aus elastischem Parenchyme bestehenden Rindenkörpers *a* ein. An der Basis des Wulstes (Gelenk), so wie an der Stelle, wo derselbe in den Blattstiel (und eben so in die Blattstielchen) übergeht *c*, löst sich der einfache Holzkörper in mehrere Zweige (Gefässbündel) auf. Die Länge des Wulstes beträgt 1·3‴.

Das Wulstparenchym *a* besteht aus ziemlich dickwandigen, mit Düpfelgängen versehenen Zellen, in der oberen Wulsthälfte dicker als in der unteren. Durch Aetzkali und Schwefelsäure quellen diese weichen, elastischen Zellenwände stark auf.

Ausser Amylum und Chlorophyll enthalten diese Zellen kugelförmige Tropfen einer stark lichtbrechenden Substanz, die in Weingeist löslich ist. Diese Tropfen erfüllen beinahe den dritten Theil des Zellraumes. Der übrige Zellsaft enthält eine starke Gummilösung.

Gegen die Oberfläche sind die Zellen des elastischen Wulstparenchyms ziemlich enge mit einander verbunden und bilden etwa 18—20 übereinander liegende Zellschichten, die tieferen an den Holzkörper grenzenden Schichten, 8 an der Zahl, sind dagegen viel lockerer vereiniget und lassen weite, luftführende Gänge zwischen sich.

Einen ganz ähnlichen Bau bieten die Blattstielwulste von Desmodium, Acacia, Cassia, Erythrina, Dolichos, Glycyrrhiza u. s. w. dar. Auch die Zellen mit den stark lichtbrechenden Kugeln kommen oft in Gesellschaft von Zellen mit grossen Krystallen in vielen dieser Pflanzen vor, wie z. B. in Desmodium gyrans, marylandicum, Glycyrrhiza.

Weniger abweichend von gewöhnlichen Parenchymzellen sind die elastischen Zellen der Wülste der Blättchen von Oxalis. Sie sind dünnwandig, enthalten Chlorophyll, zeichnen sich jedoch durch ihre Kleinheit von den angrenzenden Parenchymzellen aus. Auch hier durchbohrt diese von häufigen Intercellulargängen durchsetzte elastische Zellmasse ein einfacher Gefässbündel.

Die dritte Form ist bisher nur bei Dionaea beobachtet worden. Nur der äusserste durch einen Stiel mit dem übrigen Blatte verbundene Lappen ist reizbar, und zwar so, dass auf den an der Innenseite dieses Lappens angebrachten Reiz ein Zusammenklappen seiner Seitentheile erfolgt (*Fig. 139*). Im Wesentlichen besteht dieser Endlappen *a* aus einer Fortsetzung des ziemlich runden Stieles, welcher sich zu beiden Seiten in eine Lamina ausbreitet und endlich in grosse borstenförmige Zähne auflöset. Zu jedem Zahne verlauft von dem einfachen Gefässbündel der Achse ein Seitennerv. Durch Anastomosen sind sie alle vor dem Eintritte in den Zahn zu einem Netze verbunden.

Fig. 139.



Das elastische Gewebe, welches nicht blos den Achsentheil, sondern den ganzen Lappen erfüllet, besteht aus ziemlich dünnwandigen mit sparsamem Chlorophyll versehenen grossen Zellen, die nur sehr locker mit einander zu einem Marenchyme verbunden sind, welches daher auch von zahlreichen und eben so grossen luftführenden Intercellulargängen durchsetzt wird.

Grosse, breite, drüsige Körperchen besetzen dicht die Innenwand der Lappen, Haarbüschel von ähnlicher Bedeutung die Aussen- oder Unterseite, auf der übrigens auch noch so zahlreiche Spaltöffnungen vorkommen, dass auf eine Quadratlinie 800 derselben fallen.

Fig. 139. *A* Ein Blatt von *Dionaea muscipula* ausgebreitet von vorne gesehen, in natürlicher Grösse. *a* Der reizbare, mit der Blattscheibe durch einen Stiel verbundene Endlappen. *B* Querschnitt des halbgeschlossenen Lappens, viermal vergrössert. Man bemerkt den centralen Gefässbündel und die von ihm zu beiden Seiten ausgehenden und bis in die Zähne verlaufenden Gefässbündelzweige.

§. 212. Nicht minder auffallend als die Bewegungen der appendiculären Organe sind an vielen Pflanzen auch die Bewegungen des Stengels und der stielartigen Ranken, durch welche ihr Winden um feststehende Stützen bewerkstelliget wird. Obgleich auf diese das Licht einen merklichen Einfluss ausübt, so ist es doch eigentlich nur der Reiz der Stütze, durch welche die Bewegung erregt und fortgeführt wird. Der durch eine kreisförmige Bewegung an eine Stütze gelangte Stengel wird an der Berührungsstelle von jener zu einer neuen Bewegung bestimmt, wodurch wieder ein anderer Theil an die Stütze gedrückt wird, und so bei steter Verlängerung in Folge des Wachsthums eine spiralförmige Windung hervorgebracht wird. Die Richtung der Windung, welche bei verschiedenen Pflanzen constant ist, muss in der individuellen Natur derselben und in ihrer ersten Bildungsrichtung gesucht werden.

Nach den Untersuchungen Dutrochet's haben die Spitzen der Stengel auch solcher Pflanzen, welche sich nicht winden, eine selbstständige Bewegung, die mit der Bewegung der Seitenblättchen von Desmodium gyrans verglichen werden kann.

Bei Pisum sativum beschreibt das letzte Internodium sammt dem Blattstiel in dieser Umlaufsbewegung eine Ellipse, welche um so grösser ist und um so schneller zurückgelegt wird, je höher die Temperatur ist, bei der die Pflanze vegetirt, und die bei niederen Wärmegraden (5—6° C.) kaum merklich wird und in eine einfache Oscillation übergeht. Da die Bewegung ferner erlischt, so wie das Internodium älter wird, in den jüngsten Internodien aber am kräftigsten erscheint, so muss die Bewegung der ganzen Spitze des Stengels complicirt werden.

Diese Umlaufsbewegung ist unabhängig vom Lichte, und geht

eben so bei Tag wie bei Nacht vor sich, ja im letzteren Falle viel regelmässiger, da das Licht, welches ebenfalls eine Krümmung des Stengels verursacht, dieselbe nicht stört. Auch die Ranken von Bryonia und Cucumis sollen dergleichen Umlaufsbewegungen ausführen, wogegen jedoch v. Mohl erhebliche Einwendungen macht (Bot. Zeit. 1844 p. 531).

Der Grund dieser Bewegung kann nur in einer nach der Peripherie des Stengels fortschreitenden Verkürzung des Zellgewebes und der dadurch hervorgebrachten Krümmung desselben gesucht werden.

Dass das Licht auf die Richtung des Stengels überhaupt von Einfluss ist, haben Versuche dargethan. Bei Einwirkung desselben von zwei entfernten Puncten folgt die Pflanze stets der Richtung der Resultirenden. Payer (Comptes rend. XVII.) hat ausserdem gefunden, dass weder rothes noch orangefarbes, gelbes und grünes Licht (wärmende Strahlen) auf die Richtung der Pflanze wirken, ja dass dieselbe sich sogar vom rothen Lichte abwendet, indem es ihr mehr schädlich zu sein scheint, dagegen sich aber beständig gegen die blauen und violetten Strahlen (chemische Strahlen) krümmt. Diess scheint jedoch keineswegs als allgemeines Gesetz, sondern wie Dutrochet zeigte, nur für gewisse Pflanzen zu gelten, wesshalb er auch die Wirksamkeit des Lichtes nicht in der Beschaffenheit der Lichtstrahlen, sondern in ihrer leuchtenden Kraft zu setzen geneigt ist.

Dass die Krümmung, welche das Licht hervorbringt, von der concaven Seite ausgeht, erhellet aus dem Umstande, dass dieselbe durch einen Längsschnitt von der convexen Seite getrennt sich noch mehr krümmt, dagegen die andere Seite sich streckt und in die ursprüngliche Richtung zurückspringt. Worin jedoch die Wirksamkeit des Lichtes auf die Zellen besteht, ist noch völlig unerforscht.

Dutrochet, Des mouvements révolutives spontanés, qui s'observent chez les végétaux. Ann. d. scienc. nat. 1843. p. 306.

Idem, De l'inflexion des tiges végétales vers la lumière coloré. Ann. d. scienc. nat. 1843. p. 329.

§. 213. Die Bewegungen erfolgen bei den Pflanzen sowohl auf äussere Reize als aus inneren Ursachen, und zeigen auch hier eine gewisse Gesetzmässigkeit.

So hat:

a) das Licht, welches zwar keinen unmittelbaren, sondern nur einen mittelbaren Einfluss auf die Bewegung ausübt, bei seiner vermehrten Einwirkung eine Erhöhung der Bewegungsfähigkeit zur Folge;

b) eben so erhöht eine anhaltende Temperatur von 24 bis 26° R. sowohl die Reizbarkeit als die Leitungsfähigkeit für Reize;

c) ein mehrmals wiederholter Reiz erschöpft endlich die Reizbarkeit;

d) in der Jugend ist die Reizbarkeit des beweglichen Theiles am grössten und nimmt mit dem Alter merklich ab;

e) Entziehung der atmosphärischen Luft vermindert die Reizbarkeit eben so wie die Anwendung von Giften.

f) Dagegen lässt sich bemerken, dass bei den Pflanzen die Fortpflanzung der Reize überhaupt langsam erfolgt, und dass eine Leitung der bewegenden Kraft sowohl vorwärts als rückwärts Statt findet.

IV. Hauptstück.

Die Lebenserscheinungen im Entwicklungsgange des Individuums.

§. 214. Die Pflanze zeigt auf ihrem individuellen Entwicklungsgange nicht blos die grössten Abänderungen in ihrem Baue, in der Beschaffenheit und Zusammensetzung ihrer Theile, sondern ist auch nach den verschiedenen Perioden des Lebens durch sehr verschiedene Thätigkeitsäusserungen ausgezeichnet. Diese und

das gegenseitige Verhältniss derselben kennen zu lernen ist eine der wichtigsten Aufgaben der Physiologie.

§. 215. Die Pflanze beginnt ihr selbstständiges Leben in einer von dem Gesammtorganismus ihrer Erzeugerin losgetrennten einzelnen Zelle oder Gruppe von Zellen, welche bei allen einfacheren Pflanzen sich ohne weiters unter günstigen Verhältnissen sich zu einer vollständigen Pflanze zu entwickeln vermag, bei allen höher ausgebildeten Pflanzen dagegen die ersten Stufen der Entwicklung noch an dem Mutterorganismus und in unmittelbarer Verbindung mit demselben zurücklegen muss. Bis zu einem gewissen Grade daselbst ausgebildet trennt sich der Keim in Verbindung mit seinen unmittelbaren Hüllen (Samenknospen) als Samen und ist im Stande, in diesem Zustande durch kürzere oder längere Zeit ein latentes Leben zu führen und gelangt erst zur vollen Ausbildung, wenn die Bedingungen für die weitere Entwicklung vorhanden sind. Gewöhnlich fasst man nur jene Reihe der Erscheinungen, welche mit dem Keimen beginnen und mit dem Absterben schliessen, als Lebenslauf der Pflanzen zusammen.

Der Keimungsact der Pflanzen oder der erste Entwicklungsvorgang ist bei den verschiedenen Pflanzen sehr verschieden. Sehr einfach erfolgt er aus den Brutzellen, Gonidien u. s. w., so wie aus den Sporen, wo sich dieselben vom Mutterorganismus trennen; mit grösserer Umständlichkeit findet derselbe an den Samen Statt. Während die Brutzellen durch Theilung sich unmittelbar vermehren und dadurch die jungen Pflanzen hervorbringen, wird bei den Sporen die äussere Haut als todte Schale abgestreift und auf gleiche Weise nach und nach ein Complex von Zellen erzeugt

(Proëmbryo, Prothallus). Bei allen höheren Pflanzen, wo sich die Spore (Embryosack) von dem Mutterkörper nicht trennt und auf dem kürzesten Wege die Eizelle entwickelt, ist es der aus der Eizelle entstandene Embryo, der mit seinen Hüllen als Same von der Mutterpflanze abgestossen wird, und in der Regel erst dann den Keimungsprozess, d. i. den weitern Entwicklungsprozess, beginnt. Auch dieser findet hier mit Zurücklassung der abgestorbenen Hüllen (der Samenhäute, des Eiweisskörpers u. s. w.) Statt.

Der in der Samenhülle ausgebildete Embryo hört wegen Mangel an Nahrungszufuhr auf, sich weiter zu entwickeln, geht aber eben so wenig als viele niedere Pflanzen unter ähnlichen Umständen zu Grunde, sondern führt ein latentes Leben fort, bis dasselbe zu neuer Thätigkeit angefacht wird. Die Umstände, die diess möglich machen, sind: a) die Ueberfüllung sämmtlicher Zellen mit festen oder festweichen assimilirten Substanzen, wie Amylum, fettes Oel, Schleim u. s. w., und b) die äusserst geringe Menge Zellsaft, dessen gänzliche Entfernung jedoch durch die Beschaffenheit der Zellhäute, namentlich jener der Eihäute, gehindert ist.

Th. Gümbel, Der Vorkeim. Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Moospflanze. Nova Acta A. N. C. XXIV. 1854. 2. p. 575.

§. 216. Im Baue des Samenkornes ist alles vereiniget, um einerseits den schlummernden Lebenskeim bestmöglichst gegen eine grosse Menge schädlicher Einflüsse zu schützen und seine Lebenskraft zu erhalten, anderseits aber auch allen günstigen, fördernden, äusseren Wirkungen einen ungehinderten Einfluss zu gestatten. Selbst ein Kältegrad, bei dem das Quecksilber friert (—50° C.) zerstört die Keimkraft der Samen nicht, wenn sie anders gegen Feuchtigkeit geschützt sind. Umgekehrt sind auch hohe Temperaturen, wie die des kochenden Wassers, wenn sie nur augenblicklich einwirken, nicht tödlich für den Lebenskeim. Indess wird

anhaltende Einwirkung höherer Wärme dem Leben viel eher gefährlich als grosse Kälte.

Bei 50° C. verlieren die Samen, besonders die zarteren, in der Regel ihre Keimfähigkeit, mit Ausnahme derjenigen, welche eine Testa mit sehr dicken und porenlosen Zellwänden besitzen und überdiess reich an Eiweiss und Oelen sind. Solche Samen, wie z. B. von Veronica, können bis 15 Minuten lang im kochenden Wasser ohne Schaden verweilen, und sind nach dieser Operation, wobei die Zellhäute etwas aufquellen, sogar zur rascheren Keimung befähiget.

Für Getreidearten ist indess schon eine Temperatur des Wassers von + 35° C., wenn sie durch mehrere Tage hindurch einwirkt, verderblich, während bis auf + 45° C. erwärmter Sand nicht nachtheilig ist. Die Folge der Einwirkung hoher Temperatur ist nach dem Medium, in dem sie sich befinden, sehr verschieden. Samen von Cerealien, Bohnen, Lein, die im Wasser von + 50° C. durch 15 Minuten eingetaucht, ihre Keimkraft kaum noch behielten, ertrugen unter gleichen Umständen eine Temperatur von + 62° C. in Wasserdämpfen und von + 75° C. trockner Luft.

Selten erreicht der Erdboden, selbst unter den Tropen, eine solche Erhöhung der Temperatur, dass er der Keimfähigkeit der Samen überhaupt nachtheilig sein könnte. Während die Samen einiger Pflanzen ihre Keimfähigkeit sehr schnell verlieren, ist bei andern ihre Dauer erstaunlich gross. Weizenkörner (Triticum vulgare und turgidum) und Erbsen (Doldenerbsen) aus den Särgen der Mumien alter ägyptischer Gräber genommen (Flora, 1835. p. 3 — 1845. I. p. 95 — 1849. I. p. 126. — Oekon. Neuigk. 1850. Nr. 49), Welschkorn (Zea Mays) aus den Gräbern der Inka's (Ann. de Chim. et de Phys.), Samen von Rubus Idaeus, Heliotropium europaeum, Centaurea Cyanus, und eine Kleeart aus alten gallischen Gräbern und Särgen (Flora, 1835. p. 576), haben sich häufig noch keimfähig erwiesen.

M. Edwards und Colin, De l'influence de la température sur la germination. Ann. d. scienc. nat. 2 Sér. I. p. 257. 1834.

§. 217. Die Bedingungen, unter welchen der lebensfähige Keim zur Entwicklung gelangt sind: Wärme, Feuchtigkeit und Sauerstoffgas, welche ihm durch Wasser und die atmosphärische Luft zugeführt werden. Der Sauerstoff wird dabei absorbirt, und dem Volumen nach entweder eine gleiche Menge oder je nach den verschiedenen Stadien der Entwicklung eine grössere oder kleinere Menge Kohlensäure dafür ausgeschieden.

Zum Keimen der Samen ist wenigstens $^1/_8$ ihres Volumens, oder $^1/_{2000}$ — $^1/_{100}$ des Gewichtes Sauerstoffgas erforderlich. Ein Theil desselben auf 3 — 4 Theile Stickstoff ist in den meisten Fällen am fördersamsten. Tritt dagegen Sauerstoff allein mit keimenden Samen in Berührung, so wird stets mehr von diesem Gase consumirt, als Kohlenstoff in der Kohlensäure ausgeschieden wird. Es erweiset sich daher dieser Vorgang als ein einfacher Oxydationsprozess, der um so nothwendiger erscheint, als eben dadurch die zur Bildung neuer Theile unumgänglichen chemischen Veränderungen in den aufgespeicherten Kohlehydraten erst auf diese Weise vor sich gehen können.

Es ist merkwürdig, dass der Sauerstoff beim Keimen auch durch Sauerstoffsäuren und durch die mit ihnen verwandten Chlor, Jod und Brom substituirt werden kann, und dass mehrere dieser Stoffe noch kräftiger und schneller als Sauerstoff auf den schlummernden Keim einwirken.

Ausser dem Vorhandensein von Sauerstoff ist zur Entwicklung des Keimes auch noch ein bestimmter Temperatursgrad von wenigstens 4 — 7° C. und eine angemessene Feuchtigkeit nothwendig. In Bezug auf die zum Keimen erforderliche Temperatur verhalten sich indess die verschiedenen Samen sehr ungleich, indem einige ein grösseres, andere ein geringeres Maass der Wärme bedürfen.

Das Wasser und die im Wasser gelösten Stoffe werden beim Keimen sowohl durch die ganze Oberfläche des Samens, als ins-

besonders, wenn dieselbe durch sehr dickwandige, feste Zellen gebildet wird, mittelst der Keimnarbe aufgenommen. Bisweilen ist die Aufsaugung des Wassers so beträchtlich, dass dieses das Gewicht des Samens weit übertrifft. Da dieser Vorgang ganz nach den Gesetzen der Endosmose vor sich geht, so geschieht es, dass die Flüssigkeit, in welcher Samen keimen, durch die dabei Statt findende Exosmose Zucker, Gummi, Dextrin u. s. w. erhält. Dass die beim Keimen der Samen sich entwickelnde Wärme, welche oft 1 bis 15° R. übersteigt, weniger der Eigenwärme, als der Gährung zugeschrieben werden muss, ist bereits §. 203 erörtert worden.

§. 218. Die Zeit, wie lang die Agentien auf den Samen einwirken, bis der Keim derselben sich zu entwickeln beginnt, ist nach der Art der Pflanze sehr verschieden. Einige Samen keimen bevor sie noch ihr Gehäuse verlassen, andere müssen Monate, ja Jahre lang in der Erde ruhen. Ist auch die Dauer der die Keimung herbeiführenden äusseren Einflüsse für jede Pflanzenart bestimmt, so haben doch das Alter des Keimes und fördernde so wie hemmende Umstände Abweichungen von derselben nothwendig zur Folge.

Zu den Samen, welche langsam keimen, gehören alle jene, welche mit harten und steinigen Samenhüllen versehen sind, wie z. B. Amygdaleen, Crataegus, Rosa, Cornus, Paeonia u. s. w., dagegen zu jenen, welche sich rasch entwickeln, Gramineen, Cruciferen, mehrere Synanthereen, Atriplex und Cucurbita-Arten. De Candolle gibt in seiner Pflanzenphysiologie II. p. 287 mehrere Tabellen, die ein grosses Detail enthalten, auf das wir verweisen.

§. 219. Die erste Veränderung, welche der keimende Same gleich nach der Aufnahme einer angemessenen

Menge Wassers erleidet, besteht bei dem amylumhaltigen in der Umwandlung des Stärkemehls, das in den Keimblättern oder in dem Eiweisskörper angehäuft ist, in Gummi und Zucker. Wahrscheinlich geschieht diess, indem ein Theil desselben durch den aufgenommenen Sauerstoff unter Bildung von Kohlensäure und Ausscheidung von Wasser verbrannt, und so die nöthigen Bedingungen für die Umwandlung des übrigen gegeben werden.

Man hat die Umwandlung des Amylum in Gummi und Zucker der Einwirkung der beim Keimen aus den Proteïnsubstanzen sich bildenden Diastase zugeschrieben, jedoch mit Unrecht, da diese nur bei einer Temperatur von 65—70° C. jene Contactwirkung hervorbringt, keimende Samen aber diese Temperatur nie erreichen.

Es ist daher viel wahrscheinlicher, dass ein Theil der angehäuften kohlenstoffreichen Substanzen durch den aufgenommenen Sauerstoff verbrannt und dadurch die Zelle mit Flüssigkeit erfüllt wird, die einen regeren chemischen Prozess und damit eine durch den vorhandenen Schleim herbeigeführte Umwandlung von Amylum in den isomeren Gummi und Zucker möglich macht. Die durch diesen Prozess entbundene Wärme muss viel unbedeutender sein als jene, welche durch die nebstbei Statt findende Gährung erzeugt wird.

Die Veränderung des unlöslichen Amylums in die löslichen Stoffe als Dextrin, Gummi, Zucker u. s. w. ist ein nothwendiger Act der Ernährung, ohne welchen das Entstehen von Gallerte und Zellstoff, die als Material für die weiteren Wachsthumserscheinungen dienen, kaum möglich wäre.

Auch bei allen krygtogamischen Pflanzen erfolgt das Keimen unter ähnlichen Verhältnissen. Der von einer doppelten Haut eingeschlossene Inhalt der Spore, welcher aus Proteïnsubstanzen, Amylum und Oel u. s. w. besteht, wird durch Aufnahme von

Wasser zunächst verändert, wodurch die äussere Haut der Zelle zersprengt, die innere Haut ausgedehnt und zugleich die Bildung neuer Zellen durch Theilung eingeleitet wird. Es erfolgt daraus entweder eine bleibende thallusartige Bildung, die das ganze Gewächs ausmacht (Thallophyta), oder eine vorübergehende (Prothallus), aus welcher sich erst die Stammpflanze erhebt.

§. 220. Hat die keimende Spore oder der keimende Same die Hülle zersprengt und die ersten Zellen künftiger Ernährungsorgane entwickelt, oder wo dieselben schon vorgebildet waren, nur zur Entfaltung gebracht, so bedarf er der Reservenahrung in dem Maasse weniger, als nun schon diese ihre Function auszuführen im Stande sind. Bereits auf dieser Stufe der Entwicklung zeigen sich in den verschiedenen Theilen des Keimes eigenthümliche Richtungsverhältnisse, welche für alle weiteren Entwicklungen maassgebend werden und bei allen Achsenpflanzen das eine Ende der Achse nach aufwärts, das andere nach abwärts bestimmen.

Die absteigende Richtung des Wurzeltheiles, so wie die aufsteigende Richtung des Stammtheiles der Achse kann durch wiederholte gewaltsame Eingriffe während dem Keimen nicht verändert werden. Pflanzen, die auf der Oberfläche von Quecksilber zum Keimen gebracht werden, dringen mit ihren Wurzeln in dasselbe ein, wenn sie gehörig befestigt werden. Samen auf Rädern zum Keimen gebracht, die in einer schnellen Umdrehung begriffen sind, richten ihre Würzelchen nach der Peripherie, das Stengelchen nach dem Centrum des Rades. Auch die Blätter entwickelter Pflanzen nehmen unter denselben Umständen jene Lage, dass sich ihre unteren Flächen nach der Peripherie, die obere Seite nach der Achse des Rades kehren.

Im Allgemeinen kann man sagen, dass die Richtung der beiden Achsentheile so wie der Blätter unter allen Umständen dieselbe bleibt, die Pflanze mag in der Erde, im Wasser, in der Luft, in der Dunkelheit oder unter Einfluss des Lichtes keimen. Beide Theile werden sich so lange krümmen, bis sie ihre normale Richtung erlangen.

Es können diese Erscheinungen nur in der Einwirkung der Schwere auf die dieser Kraft folgenden Säftemasse, in dem Unterschiede der Organisation des Stammes und der Wurzel, so wie der beiden Blattflächen ihre Erklärung finden.

Wird die Schwerkraft durch eine andere Kraft, z. B. Centrifugalkraft, oder durch die einseitige Wirksamkeit des Lichtes aufgehoben und überwogen, so verkehren sich auch die normalen Richtungen um so eher, je grösser die Resultirende dieser Kräfte ist.

Knight, A select from the phys. papers. Philos. transact. 1806. p. 124.
Dutrochet, Mémoires. II. p. 54.
Durand, Sur un fait singulier de la Phys. des racines, leur pénétration dans le mercure. Ann. d. scienc. nat. 3 Sér. III 1845. p. 210

§. 221. Die Vergrösserung der Pflanzen, d. i. ihr Wachsen, geht unaufhaltsam vor sich, und zwar nicht blos durch Vergrösserung der bereits vorhandenen, sondern auch durch Anbildung neuer Elementartheile. Letztere erfolgt stets durch wandständige Zellbildung. Da in der Regel nur junge Zellen zeugungsfähig sind, so kann nur in den letztgebildeten Pflanzentheilen ein Wachsthum durch Neubildung Statt finden, in allen übrigen geschieht dasselbe vorzugsweise nur durch Ausdehnung bereits gebildeter Theile.

Man kann im Wachsthume der Pflanzentheile zwei oder wohl gar drei Momente scharf unterscheiden, nämlich: a) das Entstehen neuer Elementartheile, b) die Vergrösserung der vorhandenen

und endlich c) die Massenzunahme derselben ohne Vergrösserung, d. i. die Verholzung.

Alle diese Vorgänge sind bei der Bildung von Pflanzentheilen entweder zeitlich von einander geschieden, d. i. es tritt zuerst Vermehrung der Elementartheile ein, dann Ausdehnung und endlich Verholzung, oder sie erscheinen simultan; das Wachsen erfolgt durch beide Momente zugleich. Ersteres hat Nägeli für die Moosblätter geltend gemacht, letzteres habe ich beim Wachsthum des Stengels nachgewiesen.

§. 222. In den jüngsten Pflanzen und Pflanzentheilen ist blos Zellgewebe vorhanden; allmälig entstehen aber bei den sogenannten Gefässpflanzen die Anlage zu Gefässbündeln und damit die Spiroiden. Ihre Bildung ist von der Lage und Verbreitung so wie von der Beschaffenheit der Gefässbündel und deren Wachsthumsverhältnissen abhängig. Erst mit der Ausbildung der Gefässbündel nehmen sowohl die Achsentheile als die Anhangstheile in höherem Maasse an Umfang zu.

§. 223. Der Stamm verlängert sich hauptsächlich nur an seiner Spitze durch Bildung und bis auf einen gewissen Grad erfolgende Vergrösserung neuer Elementartheile (Entstehen neuer Internodien). Die unter der Spitze befindlichen Theile (die bereits angelegten Internodien) verlängern sich auf dieselbe Weise, jedoch nur so lange, bis sie nicht verholzen. In gleicher Zeit ist die Verlängerung an der Spitze am grössten, und nimmt mit der Entfernung von ihr in demselben Maasse ab (centrifugales Wachsthum). In dem einzelnen Internodium dagegen geht die Verlängerung bald am untern, bald am obern Ende vor sich.

Die erste Anlage der Blätter erfolgt eben so wie das Wachsen des Stammes, centrifugal, erst später tritt eine umgekehrte Richtung des Wachsthumes, nämlich die centripedale, ein. Dabei befolgt jedoch der Blattstiel sowohl einfacher als zusammengesetzter Blätter ein centrifugales Wachsen. Die Entwicklung der Internodien geht anfänglich bis auf eine bedeutende Länge ziemlich gleichförmig in allen Theilen vor sich (incrementum aequale), und wird nur später nach den verschiedenen Pflanzen ungleichförmig (incrementum inaequale). Gewöhnlich erfolgt nun die Ausdehnung an der Basis des Internodiums mehr als an der Spitze (incrementum centripetum et intercalare), zuletzt waltet die an der Spitze vor (incrementum centrifugum).

Nicht immer geht eine Pflanze alle Stadien des Wachsthums durch; sie beschränkt sich auf ein oder das andere, oder überspringt wohl gar ein oder das andere Stadium.

Bei den meisten Pflanzen sind immer mehrere Internodien zugleich im Wachsthume begriffen; bei manchen, wie z. B. beim Hopfen, zeigen nur die 2—3 obersten Internodien ein Längenwachsthum, die übrigen verlängern sich nicht mehr.

Merkwürdig ist die Entwicklung der Blätter. Während die Blattscheibe und ihre Rippen sich centripetal entfalten, d. i. an der Spitze zuerst zu wachsen aufhören und so nach der Basis fortschreiten, befolgen die Blattstiele gerade die umgekehrte Entwicklung, d. i. von der Basis nach der Spitze, nämlich centrifugal. Das Punctum vegetationis liegt hier an der Grenze des Blattstieles und der Lamina. Später sind wohl noch mehrere Vegetationspuncte in der Lamina zu bemerken.

Am einflussreichsten auf das Wachsthum ist unter übrigens gleichen Umständen die Wärme, darnach Luft, Licht, Feuchtigkeit und Nahrungsmenge.

Jeder Pflanze scheint ein gewisses Maass am zuträglichsten, und hierauf beruht die ungleiche Entwicklung so wie die ungleiche Vertheilung der Pflanzen über der Erde.

Ob Mangel an Licht anders auf den Stengel (wachsthumbeschleunigend) als auf das Blatt (wachsthumretardirend) einwirkt, müssen genauere Untersuchungen erst bestätigen, eben so ob die Bildung neuer Zellen mit Entbindung von Kohlensäure begleitet ist, welche beim Einflusse des Lichtes aufhört.

E. Meyer, Die Metamorphose der Pflanze und ihre Widersacher. Linnaea. Bd. VII. 1832. p. 401.

F. Münter, Observationes phytophysiologicae. Linnaea. Bd. XV. 1841. p. 209.

Idem, Beobachtungen über das Wachsthum verschiedener Pflanzentheile. Bot. Zeitung. Bd. I. Stk. 5, 6, 7, 8.

Idem, Dritter Beitrag zur Lehre vom Wachsthume der Pflanzen. Band I. Stk. 44, 45, 46.

P. Harting, Tydschrift voor natuurlyke Geschiedeniss en physiologie. Bd. IX. p. 296.

A. Griesebach, Beobachtungen über das Wachsthum der Vegetationsorgane in Bezug auf Systematik. Archiv f. Naturg. Jahrg. IX. Bd. I. 1843. p. 267, und X. Bd. I. 1844. p. 134.

C. Nägeli, Wachsthumsgeschichte der Laub- und Lebermoose. Zeitschr. f. wiss. Bot. II. p. 138.

F. Unger, Ueber das Wachsthum der Internodien, von anatomischer Seite betrachtet. Bot. Zeit. II. 1844. p. 489.

§. 224. Eben so wie am Stamme geht auch das Längenwachsthum an der Wurzel vorzüglich an der Spitze vor sich, während sich der andere Theil der Wurzel nur nach Massgabe seiner Entfernung von der Stengelbasis ausdehnt.

§. 225. Ausser dem Längenwachsthum findet bei jenen Pflanzen, denen ein umsprossendes und endumsprossendes Wachsthum zukommt, auch eine peripherische Ausdehnung des Stammes Statt. Dieses wird durch eine von der Stammspitze nach abwärts fortschreitende Anbildung neuer Elementartheile bewirkt, die bei den Endumsprossern als die zwischen Holz und Rinde befindliche Cambiumschichte auftritt, bei den Umspros-

sern als eine ähnliche zwischen Rinde und Gefässkörper befindliche Schichte erscheint.

Das Dickewachsthum ist bei allen höher stehenden Pflanzen durch eine bildungsfähige Schichte (Cambium) vermittelt, welche entweder innerhalb der kreisförmig gestellten Gefässbündel (Dicotyledonen) oder in den äusseren Zellschichten zwischen Rinde und Gefässbündeltheil des Stammes (Monocotyledonen) vorhanden ist. Diese Anbildung neuer Elementartheile aus der Cambiumschichte, welche an der Spitze am stärksten ist und gegen den Grund des Stammes abnimmt, bildet noch keinen hinlänglichen Grund, um daraus eine absteigende Bewegung des Nahrungssaftes folgern zu können, für die übrigens auch die Organe fehlen.

H. Göppert, Ueber die Existenz eines absteigenden Saftes in unseren einheimischen Bäumen. Verhandl. d. schles. Forstvereins. 1852.

§. 226. Das Wachsthum ist in den verschiedenen Entwicklungsperioden der Pflanze verschieden und durchaus unabhängig von äusseren Einflüssen; eben so wechselt dasselbe nach den Tageszeiten, und stellt sich im Allgemeinen in den Vormittagsstunden höher als in den Nachmittagsstunden und in der Nacht.

Für viele Pflanzen lassen sich zwei tägliche Beschleunigungen des Wachsthums wahrnehmen, von denen die eine zwischen 8 und 10 Uhr Morgens, die andere zwischen 12 und 4 Uhr Nachmittags eintritt. Bei einigen Pflanzen findet die Beschleunigung von 7 Uhr Vormittags bis 3 Uhr Nachmittags Statt, während in den übrigen 16 Stunden ein Nachlass erfolgt. Diess verändert sich jedoch mit der Verlängerung des Stengels, d. i. des Weges, den der Nahrungssaft zu machen hat, so dass das Maximum dann erst von 3 Uhr bis 11 Uhr Nachmittags eintritt.

Wie dieses Gesetz, welches für einzelne Pflanzenarten zahlreichen Modificationen unterliegt, überdiess noch durch äussere Verhältnisse abgeändert wird, ist bisher noch unbekannt.

§. 227. So wie nach den verschiedenen Tageszeiten das Wachsthum in ungleicher Ausdehnung vor sich geht, ist diess nach den Jahreszeiten in noch auffallenderem Maasse der Fall. Die jährliche Remission (nicht Stillstand) des Wachsthums fällt mit dem Herbst und Winter der gemässigten und kalten Klimate und mit dem Eintritt der trockenen Jahreszeit in den Tropenländern, die Exacerbation dagegen mit dem Frühjahre jener und mit der Regenzeit dieser zusammen.

Weder die Verlängerung des Stammes noch sein Anwachsen in die Dicke erfolgt nach den gegenwärtigen Verhältnissen der Erdoberfläche ununterbrochen in stets gleicher Folge, sondern beschleunigt und retardirt genau dem Wärme- und Feuchtigkeitsmaasse des Klimas entsprechend. Weniger eindringlich wirkt der Wechsel von Feuchtigkeit und Trockenheit als der von Wärme und Kälte. — Da mit allen die Ernährung unterstützenden Einflüssen grössere und zahlreichere Elementarorgane erzeugt werden als zur Zeit, wo diese Bindungen fehlen, so muss sich diess eben so in der äusseren Gestaltung wie in der inneren Structur ausdrücken, und namentlich werden bei den nachwachsenden Gefässbündeln solche Exacerbationen und Remissionen am deutlichsten hervortreten. Das Holz solcher Stämme wird sich durch schichtenförmige Anlagerung (strata concentrica) auszeichnen, jenes der gemässigten und kalten Zone mehr als das der heissen, und da dieselben für die extratropischen Gegenden nur in einem einmaligen Wechsel für das Jahr bestehen, auch als Jahreslagen oder Jahresringe (strata annua) bezeichnet werden können.

Dort wo dagegen in einem Jahre sich zwei Perioden, der Trockenheit und Feuchtigkeit einstellen, wie das in einigen Gegenden Mittelafrikas (am Senegal) der Fall ist, werden nothwendig auch für diese Zeit zwei Holzlagen (Jahresringe) abgesetzt, so dass also

die Zahl der Jahresringe nicht überall mit dem Alter solcher Pflanzen zusammenfällt (§. 170).

F. Unger, Botanische Beobachtungen. II. Ueber den Grund der Bildung der Jahreslagen dicotyler Holzpflanzen. Bot. Zeit. 1847. Stk. 16.

§. 228. Die appendiculären Organe aller Art treten unmittelbar unter der Spitze des Stammes unter der Form ringförmiger oder konischer Erhabenheiten hervor. Obgleich dicht an einander gedrängt und scheinbar oft aus einer Ebene entspringend, entstehen sie doch immer in einer bestimmten und gesetzlichen Aufeinanderfolge (Phyllotaxis). Nach der ersten Anlage erfolgt gleichzeitig mit der Streckung der Achse (Interfoliartheil) auch ihre Ausbildung durch Vergrösserung.

§. 229. Auch die Blätter befolgen wie der Stamm einen Rhythmus des Wachsthums. Der tägliche fällt mit jenem des Stammes überein, der jährliche Rhythmus kann nur bei immergrünen Gewächsen beobachtet werden, und besteht mehr in qualitativen als in quantitativen Aenderungen.

So lange die Blätter noch ganz klein, unentfaltet oder von den Deckschuppen der Knospen eingeschlossen sind, besitzen sie nur eine blassgrüne Färbung, und erst bei ihrer Entfaltung geht während der Einwirkung des Lichtes eine stärkere Ausbildung des kohlenstoffreichen Chlorophylls vor sich. Durch dieses erhalten die Blätter ihre grüne Farbe, die anfänglich aber noch sehr von der Farbe verschieden ist, die sie in späteren Perioden zeigen. In Folge der Entwicklung anderer Farbestoffe und der Veränderungen, welche das Chlorophyll erfährt, treten nach und nach Verfärbungen ein, mit welchen gewöhnlich das Leben des Blattes ein Ende erreicht. Es fängt dabei zu welken an, bleibt mit dem

Stamm in Verbindung, oder trennt sich scheinbar noch frisch und saftig von demselben, ohne dass die Trennung eine Folge der Einwirkung von Frost, oder des Anschwellens der in seiner Achsel befindlichen Knospe ist.

Zarte, dünnhäutige Blätter durchlaufen alle die Veränderungen in kurzer Zeit, und sie dauern nur durch eine einzige Vegetationsperiode. Bei saftigen, lederartigen und derben Blättern ist die Aufeinanderfolge dieser Veränderungen bei weitem nicht so rasch, und sie dauern daher auch länger. Dergleichen Blätter sind im Stande, durch zwei und mehrere Vegetationsperioden ihre Verrichtungen ungeschwächt zu äussern, und werden dann erst, oft mehr durch äussere Einflüsse als aus Mangel an nöthigem Stoffwechsel, getödtet.

Merkwürdig sind die Farbenveränderungen mancher Blätter vor ihrem Falle, wie z. B. von Cornus sanguinea, Rhus cotinus, Prunus avium u. s. w.

Eben so die Farbenveränderungen der perennirenden Blätter. Die sogenannte Winterfärbung der Blätter beruht auf Entstehung eines blauen oder rothen, im Zellsafte löslichen Farbestoffes neben dem Chlorophyll, welcher im Frühjahre wieder verschwindet. Sowohl Land- als Wasserpflanzen (untergetauchte Exemplare von Cardamine amara) zeigen solche Verfärbungen.

Die gewöhnliche herbstliche Färbung der Blätter hingegen rührt vom Mangel der Regeneration des reinen Chlorophylls bei fortwährender Umwandlung desselben in Wachs und Xanthophyll her.

H. v. Mohl, Untersuchungen über die winterliche Färbung der Blätter. Dissert. 1837. Verm. Schriften p. 375.

§. 230. Die Lebensdauer der Pflanzen ist der Anlage nach für jede Art eine innerhalb gewisser Grenzen bestimmte, und hängt vornehmlich von ihren Bildungsgesetzen, keineswegs von der Vollkommenheit ihrer Organe ab.

Die Lebensdauer der Pflanzen ist sehr verschieden. Bei einigen erstreckt sie sich nur auf einige Tage oder Monate, bei andern auf den Zeitraum einer ganzen Vegetationsperiode. Alle solche Pflanzen werden einjährige Pflanzen oder Sommergewächse genannt. Dagegen dehnen viele ihre Lebensdauer auf zwei Vegetationsperioden aus. Sie heissen zweijährige Pflanzen. Andere endlich überdauern mehrere, ja oft sehr viele Vegetationsperioden, und werden dann ausdauernde genannt, wie z. B. Agave americana.

Viele Pflanzen sind nur scheinbar ausdauernd, indem Knospen die Stelle des zu Grunde gehenden mütterlichen Organismus einnehmen, wie z. B. die meisten Moose, viele Farn, Schachtelhalme u. s. w., überhaupt viele Pflanzen mit Rhizomen. Die grössere Menge von Pflanzen endlich stirbt zwar fortwährend zum Theil ab, allein dauert mit den erzeugten Knospen als Gewächs durch eine unbestimmt lange Zeit fort. Dahin gehören die holzigen Gewächse. Nur aus dem Verfolge der ganzen Entwicklung lässt sich über das Alter der meisten Pflanzen entscheiden.

Indess ist die Dauer der Lebenszeit für die Gewächse mancherlei Abänderungen unterworfen, welche durch äussere natürliche oder künstliche Einflüsse herbeigeführt werden. So z. B. können einjährige Pflanzen in zweijährige, ja selbst in perennirende kraut- und strauchartige Pflanzen umgewandelt, die einjährige Reseda odorata Linn. auf solche Weise als 6 Fuss hoher Strauch gezogen werden. Umgekehrt werden zweijährige und perennirende Gewächse, wenn man sie in kältere Gegenden verpflanzt, einjährig. So sind die Mirabilis- und Ricinus-Arten, die in ihrem Vaterlande ausdauern, bei uns einjährig. Unsere zweijährigen Gewächse werden in warmen Ländern durch beschleunigtes Blühen einjährig.

§. 231. Sehr selten behält die Pflanze während ihrer ganzen Lebensdauer alle ihre Organe bei, mit welchen sie zugleich abstirbt; gewöhnlich welken die Blätter in der Reihenfolge, in der sie sich entwickelt haben, eben so werden die Blüthe und Frucht früher oder später

abgeworfen, so dass das Individuum nur in seiner Achse und bei Gewächsen in der Mehrheit seiner Achsen fortlebt. Aber auch ein Theil der Achsen wird zuweilen nach einer oder mehreren Vegetationsperioden abgestossen.

Das Vertrocknen und Abwerfen der appendiculären Organe ist eine der gemeinsten Erscheinungen im Leben der Pflanze. Weniger in die Augen springend geht das regelmässige Abwerfen von Achsentheilen vor sich. Bei mehreren Bäumen trennen sich am Ende des Herbstes die Endstücke der Haupt- und Nebenachsen von den unteren Theilen, was natürlich der Entwicklung des Individuums ein Ziel setzt. Dergleichen Bäume sind z. B. Gynocladus canadensis, Salix u. s. w. Bei Glyptostrobus heterophyllus werden regelmässig ganze Zweige abgeworfen.

§. 232. Jede Achse (Haupt- oder Nebenachse), durch eine Blüthe geschlossen (endständige Blüthe), ist nicht nur keines weiteren Nachwuchses fähig, sondern findet dadurch sogar ihr sicheres Lebensziel. Aber auch viele aus der Hauptachse hervorgegangene Nebenachsen, die in eine Blüthe enden, führen eine Erschöpfung der Hauptachse und damit deren Tod herbei. Die Lebensdauer der Pflanzen hängt daher vornehmlich davon ab, ob und wann die Hauptachse zur Blüthe gelangt, und in wie weit die blühenden Nebenachsen eine Erschöpfung der Hauptachse herbeizuführen im Stande sind.

Pflanzen, welche nur einmal blühen und fructificiren, heissen monocarpische Pflanzen (plantae monocarpicae). Viele derselben thun diess schon in der ersten Vegetationsperiode, andere brauchen dazu zwei, drei und mehrere Vegetationsperioden, Agave americana in unserem Klima 50—100 Jahre. Nicht bei allen mo-

nocarpischen Pflanzen ist die Hauptachse selbst von einer Blüthe geschlossen, in welchem Falle dem Leben ohnehin ein nothwendiges Ziel gesetzt ist, sondern dieselben gehen auch zu Grunde, wenn die Hauptachse in einen unbegrenzten Blüthenstand endet, indem die Nebenachsen durch grösseren Verbrauch von Nahrungsstoff während der Fruchtbildung die Hauptachse davon entblössen. Auch mehrmals fruchtbildende Pflanzen werden durch zu häufige und reichliche Entwicklung der Blüthenknospen getödtet. Die Unfruchtbarkeit ist daher für die Pflanze eine Lebensverlängerung. Man kennt z. B. ein Exemplar von Medicago sativa var. versicolor Ser., welches 80 Jahre lebte, weil es keine Früchte trug.

§. 233. Wenn auch die Lebensdauer des pflanzlichen Individuums durch seine Bildungsgesetze beschränkt ist, so kann doch durch die Art der Sprossfolge und durch die Fähigkeit derselben, sich fortwährend den hinlänglichen Nahrungsbedarf herbeizuschaffen, ein unbegrenztes Wachsthum die Folge sein.

Es dürfte nicht so ausgemacht sein, dass nur Bäume zu den Gewächsen mit der grössten Lebensdauer gehören. Von vielen krautartigen Pflanzen mit rhizomatosen Stämmen lässt sich ein Gleiches vermuthen. Nimmt man aber die vom Individuum hervorgegangene und häufig noch in Verbindung stehende Sprossfolge als ein Gewächs, so dürften Gewächse wie Equisetum, Arundo, Polygonatum, Anemone ranunculoides u. s. w. mit den langlebigsten Bäumen um die Wette streiten.

Auch bei baumartigen Gewächsen lebt das ursprüngliche Individuum selten über die ihm vorgezeichnete Grenze hinaus, allein durch Anbildung neuer Holzlagen erneuert es sich nach aussen immer fort, während es im Innern abstirbt, ähnlich wie ein Spross aus dem andern hervorgeht.

In der That haben wir Beispiele von sehr hohem Alter, welches manche Bäume erreichen. Palmen, die 200 bis 300 Jahre alt werden, gehören nicht zu den Seltenheiten.

Der noch jetzt lebende Drachenbaum von Orotava, eines der ältesten vegetabilischen Denkmäler unseres Planeten, überragt das Alter der egyptischen Pyramiden (Nova Acta A. N. C. XIII. P. 2. p. 772).

Eine Dauer von mehreren Jahrhunderten erreichen unter günstigen Verhältnissen die meisten unserer Waldbäume. Man kennt Linden in Litthauen mit 815 Jahresringen und 82 Fuss Stammesumfang, desgleichen Eichen in den polnischen Wäldern, an denen man 710 deutliche Jahresringe gezählt hat und deren Stammesumfang 49 Fuss betrug. Ein diesen nahe kommendes Alter erreichen Ficus Sycomorus in Egypten, Olea europaea, Pinus Cedrus, Citrus aurantium u. s. w. Die Orangenbäume in dem Tuileriengarten hatten bei der letzten Räumung der Kübel ein Alter von 300 bis 700 Jahre gezeigt (Magaz. f. Lit. d. Auslands. 1851. p. 492).

Berühmt ist ein Eibenbaum (Taxus baccata) im Kirchhofe zu Grasford in Nordwales. Nach Bowmann misst er unter den ersten Aesten 29 Fuss im Umfange, was auf ein Alter von 1419 Jahre schliessen lässt. Ein anderer ähnlicher Baum zu Dale in Derbyshire dürfte noch älter sein (2096 Jahre). So kann z. B. die alte Eiche zu Pleischwitz bei Breslau mit einem Stammumfang von $42^1/_6$ Fuss wohl bereits ein Alter von 900 bis 1000 Jahren besitzen.

Zu den berühmtesten alten Bäumen gehört die Kastanie (Castagna dei cento cavalli) auf dem Aetna und die Riesencypresse (Taxodium distichum) zu Santa Maria del Tule, 2 Stunden östlich von der Stadt Oaxaca in Mexico. Letztere hat 124 span. Fuss im Umfange, und steht nahe dem Haupteingange der Kirche. Eine Menge rundlicher Vorsprünge geben ihr das Aussehen, als bestehe sie aus mehreren zusammengewachsenen Bäumen, allein die nähere Betrachtung lehrt bald den Ungrund dieser Vermuthung. Dieser Baum ist nicht sehr hoch. In der Höhe von 25 Fuss über dem Boden beginnt der riesige Stamm sich schon in Zweige zu spalten. Dort entspringt auch eine Quelle. Während der nassen Jahreszeit läuft das Wasser dieser Quelle stets den Stamm herunter, wäh-

rend der trockenen Jahreszeit bemerkt man diess nicht, obgleich das kleine napfförmige Bassin zwischen den Zweigen stets gefüllt bleibt (E. Mühlenpfordt. Versuch einer Schilderung der Republik Mexico. 1 B. 8. 1844. p. 153).

Zu den Bäumen von höchstem Alter dürften die Betholetien in Brasilien und die Adansonien in Mittelafrika gehören, obgleich rücksichtlich der letzteren das berechnete Alter von 8000 Jahren nach den früher beigebrachten Bemerkungen §. 227 sich wohl auf die Hälfte reduciren dürfte.

§. 234. Während bei den krautartigen Pflanzen das Leben häufig mit der Fruchtreife beschlossen ist, erfolgt bei holzigen Gewächsen der natürliche Tod durch Unzureichlichkeit der Nahrungszufuhr und durch die nothwendigen chemischen Veränderungen der bereits ausgebildeten Pflanzensubstanz. In Folge dessen nimmt die Productivität (Bildung der Knospen und Blüthen, Mächtigkeit des Jahresanwuchses u. s. w.) ab und es beginnt sogar ein theilweises Absterben der Achsen (Aeste), was mit dem Ueberhandnehmen schmarotzender Gewächse auf der Oberfläche (Rinde) begleitet ist. Endlich hört die Saftleitung wohl ganz auf, die Cellulose der Holzzelle entmischt sich und geht in Vermorschung (Kernfäule) über und zuletzt stirbt der Baum von seiner Spitze an ab (Gipfeldürre).

Dem allgemeinen Aufhören der Lebenserscheinungen geht der Tod der einzelnen Theile stets vorher. Durch die unzählbare Menge der Elementartheile, welche ein Individuum zusammensetzen, und durch die Leichtigkeit, mit welcher vicarirende Vorgänge Statt finden, hat das partielle Absterben einzelner Theile und Organe wenig Einfluss auf das Gesammtleben. In jeder Pflanze sind eine grosse Menge von Elementartheilen stets unthätig und abgestor-

ben. Nur wo sich ihr Tod weiter auf nachbarliche so wie auf entfernte Theile verbreitet, kann die Integrität des Ganzen nicht mehr erhalten werden.

Der Tod der Zelle gibt sich durch Lufterfüllung statt dem Saftinhalte, durch starke Verdickung der Wände und grössere Menge der in dieselben eingelagerten Substanzen, der Tod der Spiroiden durch ähnliche Erscheinungen, so wie durch Erfüllung mit Zellgewebe kund. Ohne Zweifel wird dadurch nicht blos die Assimilation, sondern auch die Saftleitung wesentlich gestört. Wasser und atmosphärische Luft, die nun selbst zu den innersten Pflanzentheilen Zugang finden, führen chemische Veränderungen herbei, es bilden sich humussaure Verbindungen, die starre elastische Zellhaut wird weich und brüchig, und der Prozess der Fäulniss und Vermoderung schreitet um so rascher fort, als die Pflanzensubstanz ausser den Kreis der möglichen Ernährung tritt. Zuletzt bricht alles zusammen und endet mit Erzeugung derselben luftartigen Körper — dem Kohlenwasserstoff, der Kohlensäure, dem Wasserdunst und Ammoniak — mit welchen das Leben der Pflanze begonnen hatte, und die es zu tausendfältigen Verbindungen und Formen zu fesseln dereinst die Begabung hatte.

Namen- und Sachregister.

Seite

A.

Abänderung 394
Abartung 394
Abies cilicica 305
Abschnürung 133, 373
Acacia arabica 360
» gummifera 360
» latifolia 362
» longifolia 362
» Lophonta 174
» melanoxylon 362
» myrtifolia 362
» nilotica 360
» obtusata 362
» Seyal 360
» striata 362
» vera 360
Acacia 421
Acanthaceae 77
Acanthodium spic. 77
Acanthus mollis 197
Achlya prolifera 92, 278, 375
Achsendrehung 408
Acerineae 162
Acer saccharinum 119
Acetabularia 369
Acorus calamus 199

Seite

Aculei 188
Actaea spicata 110
Aeschinomene 417
» indica 417
» pumila 417
» sensitiva 417
Adansonia 445
Affinitätskraft 250
Agapanthus umbell. 334
Agardh, J. G. 76
Agaricus piperatus 119, 163
Agave americana 442, 341
Ajuga genevensis 334
Albumin 370
Alisma Plantago 341
Alkaloide 163, 121, 122
Allium Cepa 192, 261
» Porum 261
Alnus 167, 174, 305
Aloe 366
Aloe nigricans 184, 187
» succotrina 206
Aloeharz 206
Aloineae 204, 206, 232
Alstonia scholaris 159, 60

Seite

Althaea 118
Amaranthaceen 72
Amaryllideen 213
Amici 4, 370, 386
Amoeba porrecta 282
Amorpha fruticosa 415
Amorphophallus campanulatus 403
Ampula 213, 357
Amydon 111
Amygdaleen 204, 208, 480
Amylidzelle 81
Amylon 111
Amylum 106, 111, 113, 115, 390, 430
Amyrideen 366
Amyris 366
Anacardiaceen 366
Anastomosen 162, 164, 231
Anemone rancuncul. 443, 392
Anemonin 120
Angelica 357
Anhangstheile 187
Anisöl 120
Anona paludosa 166

Seite

Antheren 385
Antheridium 382, 384
Anthoceros 278, 62
Antiaris toxicaria 370
» innocua 370
Apfelsäure 121
Aphyllanthes monspel. 107
Aphyllum paradoxum 227
Apocinaceen 162
Apophysen 189
Aporetin 206, 366
Apposition 94, 97, 114, 274
Arbutin 355
Archangelica officin. 117
Archegonium 382, 384, 385
Arctuvin 355
Areola 153
Aricin 122
Aristolochia Sipho 342
Aroideen 123, 162, 403
Artocarpeen 162
Artverschiedenheit 394
Arum Colocasia 358, 361
» Dracunc. 187, 403
» maculat. 114, 403
Arundo 442
Ascidien 179
Asclepiadeen 162
Asclepias syriaca 70
Asparagus officin. 151
Asperifolien 187
Assa foetida 207
Astragalus 119, 149
Atriplex 430
Aucuba japonica 334
Augenpunkte 254
Aulocomnium androgyn. 376

Seite

Ausdehnung 94
Aussenrinde 241
Avena sativa 313

B.

Balanophora 304
» alutacea 367
» elongata 367
» glabra 367
» maxima 367
Balanophoreen 121
Balanophorin 367
Banane 349
Bangia 278
Banks 4
Balsame 205, 353, 363, 370
Balsamodendron Myr. 207, 366
Bary, de 129
Basella 105
Bastarde 392
Bastkörper 240
Bastschichte 242
Basttheil 219
Baumfarn 86
Baumhauer 87
Baumwolle 66
Bdellium 207
Beck Van 398, 399, 404
Becquerel 398, 399
Befruchtung 387
Begonia discolor 108, 110
» disticha 210
» manicata 184
Begoniaceen 212
Benincasa 367
Berberis vulgaris 417, 419

Seite

Bergamotöl 121
Bergsma 398, 399, 404
Bertholetia 445, 222
Berzelius 266
Beta 148
» cycla 262, 263
Betula alba 167, 174
Bignonia rad. 403
Bildungssaft 323
Bildungszellen 180
Bischof G. 114, 117, 376, 406
Bischoff L. W. Th. 178, 320
Biskotenf. Zellen 57, 59
Bixa Orellana 174
Bläschen 53
Blasen 213, 357
Blasia 376
Blattgrün 106
Blutlaugensalz 315
Bocconia frutescens 160
Boehmeria 361
Bogenhard 393
Bohnen 401, 428
Boletus 59
Bombax pentandra 174
Borke 243
Borsten 186
Boswellia 366
» floribunda 207
» serrata 207
Boussingault 301, 302, 333, 337, 339, 340, 343, 345, 351
Bowmann 308, 444
Brandpilze 130
Brassica botrys 358
» oleracea 358, 378
» Rapa 58, 193, 335

Seite

Braun Alex. 52, 126, 141, 280, 378, 380, 394
Brébisson 379
Brennhaare 186, 211, 188
Bridel 406
Brogniart Ad. 169,
Bromeliaceen 213, 232
Broussonetia papyr. 174, 361
Brown Rob. 278, 77 186, 215, 230
Brücke E. 4, 318, 412, 418
Brunnenkresse 344
Brutknospen 374, 375, 396
Brutzellen 374, 375, 396, 426
Bryonia 424
Bryophyllum calyc. 378
Bryopsis 66, 83
Buchtigtafelf. Zelle 59
Bulbillen 378, 396
Bulbocodium 114
Buxus semperv. 341

C.

Cacteen 118, 123, 170, 193
Cactus 124
» flagelliformis 399
» grandiflorus 390
» opuntia 341
» peruvianus 114 403
Cajeputöl 121
Calceolaria 340
Calendula officinalis 405

Seite

Calendulin 117
Calla aethiopica 403
Calladium destillat. 358, 359
» pennatifid. 403
» viviparum 403
Calluna vulgaris 305
Calophyllum 366
Calyptra 383
Calystegia sepium 58
Cambium 175, 236, 97, 217, 241, 323, 324, 437
Cambogia Gutta 163
Camellia japonica 61
Camera lucida 7
Campanula persicifolia 59, 61
Campanulaceen 162, 187, 392
Campecheholz 86
Campher 120
Campherdrüsen 210
Camphora officin. 210
Canabis sativa 66, 123
Candolle (de) 430
» glauca 201, 208
» indica 218
Canna 89, 113
Canneen 213
Capsicum cerasiforme 111
Cardamine pratensis 378
» amara 440
Carotin 111
Caryophyllaceen 123
Caspary R. 308, 76
Cassia 421
Cassini 378
Cassita glabella 174
Castanea vesca 305
Catoptrid. smaragd. 406

Seite

Caulerpa 79, 95, 116
Caulinia 274
Cellulae 65
» fibrosae 65
» leptotichae 71
» pachytichae 71
» porosae 73
» retiferae 73
» spiriferae 73
Cellulose 86, 98, 187, 178, 256, 389, 400
Centaurea Cyanus 428
Centralhöhle 113
Cephalotus 214, 358
Ceratophyllum demersum 72
Ceratophyllum submersum 198, 226, 227, 267, 274
Cerealien 122, 428
Cereus grandiflorus 417
Ceroxylon andicola 367
Cetraria islandica 89
» garganica 261
Chaetophora elegans 83
Chamillenöl 120
Chara 66, 107, 274, 280, 285
» hispida 369
» translucens 369
» vulgaris 369
» zonata 369
Characeen 382
Cheiranthus incan. 341
Chelidonium majus 60, 158, 159, 170
Chemischer Apparat 7
Chenopodeen 72, 123, 210
Chenopodium viride 124, 187, 311
Chevalier 4

Seite

Chevandier 88
Chilianthus arboreus 174
Chinin 122
Chinococcin 122
Chinovin 122
Chlerodendron fragr. 214
Chlorophyll 121, 192, 106, 439
Chrom 132
Chroococcaceen 80, 139, 373
Chrysanthemum indicum 405
Chrysophan 205
Chytridium glob. 83
Cichoraceen 161, 162
Cichorium Intybus 117
» pumilum 63
Cilien 83, 409
Cinchonin 122
Cinchotin 122
Cineraria 392
Cinerocephalae 417
Circaea 280
Circulation 274, 278
Cirsium 392, 394
Cirsium rivulare 63
Cissus hydrophorus 316
Cistus 417
Citronensäure 121, 355
Citronenöl 121
Citrus Aurantium 213, 440
» Limonium 361
Cladophora glomerata 133, 294
Cladostephus 278
Clamidomonas Pulv. 285
Clematis Vitalba 174
Clerodendron fragrans 362

Seite

Clerodendron viscos. 362
Cloëz 268, 347
Closterium acutum 379
» parvulum 59
Clusiaceen 162, 366
Cnicus arvensis 313
» oleraceus 313
Coccochloris Brebiss. 380
Codium tomentos. 83
Coelastrum sphaericum 139
Cohn F. 84, 109, 186, 280, 410
Colchicum autumnale 112, 114, 117, 261, 390
Colin 428
Collenchyma 72, 142, 148, 149
Collomia 77, 148
Colocasia odora 403, 404
Colutea arborescens 357
Complexe 53
Compositae 77, 120, 121
Compressoria 3
Conceptacula 376
Concretionen 361
Confervaceen 108, 278
Conferva Melagonium 76
Coniferae 121, 152, 153, 204, 206, 235
Conocephalus naucleifol. 361
Contextus 141
Convallaria majalis 261
Copaifera 366
Copulirung 132, 149, 155, 156, 373, 379, 380, 396
Corallina 369
Corallocephalus 369
Cormophyta 221

Seite

Cornus sanguinea 440, 430
Corpusculum 385
Corti 274
Corydalis Halleri 172
Corylus Avellana 174, 340
Coscinodiscus subtilis 59
Cosmarium 374
Coulon 313
Crataegus 430
Crepis biennis 132
Crinum 392, 190
Crocus 113
Crossbred 393
Cruciferen 121
Crüger Herm. 75, 115
Cubische Zelle 62
Cucumis 424
Cucurbita 75, 148, 430
Cuticula 185, 186, 187, 193, 389
Cutleria multifida 83
Cycadeen 152, 186, 204, 208, 235
Cycas circinalis 72, 114, 190, 207, 360, 403, 404
Cydonia 119, 148
Cylindrische Zelle 56
Cymbella cuspidata 59
Cynanchum obtusifolium 174
Cyperus esculentus 121
Cytoblastus 104

D.

Dahlia 117, 357
Dahlien 417, 418
Dahlin 117
Darlingtonia californica 214, 358

Seite
Dasylirion 72, 75, 184, 191, 192, 241
Datisca canabina 117
Daucus Carota 313
Dauerzellen 180, 286, 293
Decaisne J. 78, 84, 308, 386
Deckgläschen 3
Desmidiaceen 80, 136, 139, 272, 373, 374, 408
Desmodium cuspidat. 416
» gyrans 414, 416, 421
» gyroides 416
» laevigat. 416
» maryland. 421
» vespertil. 416
Dextrin 113, 118, 312, 431
Diachym 200
Dianthus 392
Diasmose 259, 281
Diastase 118, 431
Diatomaceen 80, 86, 89, 272, 278, 373, 408
Dickwandige Zellen 71
Dicranum glaucum 78
Dicotyledonen 123, 220, 226, 335
Dictamnus albus 211, 212
Diepel L. 95
Digitalis grandiflora 392
» lutea 393
» media 392
» purpurea 335, 392, 393
Dikatopter 7
Dionaea muscipula 414, 417, 422
Dioscoreen 232
Diosmeen 305

Seite
Dipsaceen 212
Dipsacus laciniatus 261
Dischidia bengalensis 160, 214
» Rafflesiana 358
Dodecaëdrische Zelle 62
Dolichos 421
Doppelmesser 2
Dornen 188
Dracaenen 222
Drachenbaum 444
Dracocephalum 148
Droseraceen 212
Drosera intermedia 378
Drusen 114, 124
Drüsen 209
Drüsenhaare 187, 210
Duhamel 313
Dünnwandige Zelle 71
Durand 433
Durchbohrungen 38
Dutrochet 398, 399, 402, 423, 424, 433

E.

Ebenholz 86
Eble B. 188
Echinocacteen 169
Echium giganteum 410
Edwards 428
Ehrenberg 90
Eibildung 373
Eiförmige Zelle 58
Eigenwärme 396, 398, 399, 400, 403
Eimund 390
Einfaltung 133
Einstülpung 133, 134
Eiweiss 112, 122, 355
Eizelle 372, 379, 381, 385, 387, 390

Seite
Eleagneae 188
Eleagnus acuminata 174
» angustifolia 58, 59
Elementarorgane 51
Elementartheile 51
Elemi 207
Ellipsoidische Zelle 58
Embryo 386
Embryosack 105, 132, 385, 390, 427
Emetin 122
Encyonema 80
Endosmometer 259
Endosmose 259, 310, 314
Endosperm 105
Endsprosser 226, 321
Endumsprosser 232, 236, 321
Entophyten 128
Ephedra 167
Epiblema 182, 183
Epidendron elongat. 195
Epidermis 188, 190, 182, 184, 202
Epidermoidalgebilde 182
Epithelium 182, 183, 189
Equisetaceen 229, 234, 240, 278
Equisetum 201, 229, 240, 442
Erbsen 401, 428
Ericaceen 392
Ericinol 355
Ericolin 355
Erigeron acre 313
» canadense 63
Erythrina 421
Erythronium Dens canis 58

Seite

Erythroretin 206, 366
Eucalyptuszucker 119, 120
Euchromzelle 153
Eucomis regia 378
Eudiometer 8
Eunotia turgida 379
Euphorbia balsamif. 350
» canariens. 370
» erosa 160, 163
» Lathyris 399
» nereifolia 160
» officinarum 163
» peplus 313
» phosphorea 405
» Tirucalli 61, 159
Euphorbiaceen 162
Euphorbium 163
Evonymus japonica 369
Exococcaceen 373
Extractivstoff 370

F.

Faba vulgaris 415
Fagus silvatica 335, 340, 341
Farn 173, 229, 240, 383, 441
Fasciculi vasorum 215
Faserbündel 216, 231
Fasergewebe 142, 147
Fasern 53
Fasernetz 79
Faserschichten 77
Fassinstrumente 3
Fenchelöl 120
Fenzl E. 4
Ferrula tingitana 261
Festuca glauca 367
Fett 353
Ficus 123, 159, 184, 189

Seite

Ficus bengalensis 360
» elastica 124, 163, 190, 360
» reclinata 361
» Sicomorus 444
Filzgewebe 141, 142, 149
Flachs 66
Flaschenförm. Zelle 58
Flimmerfäden 83, 284, 286
Florideen 278, 382
Flugbrand 67
Fluor 126
Foecundatio 387
Fortpflanzungszelle 286
Fovilla 390
Freie Zellbildung 55
Fremy 348
Fresenius 124, 306, 410
Fritillaria imperialis 192
Fritsche 114, 115, 116
Fromberg 87
Fruchtzucker 119
Fuchsia fulgens 59, 190
Fucoideen 119, 278, 382
Fucus nodosus 357
» serratus 393
» vesiculosus 357, 388, 393
Fusion 288

G.

Galactodendron utile 163
Galium aparine 212
Gallerte 89, 360
Gallerthaut 91
Gallerthülle 148
Gallussäure 355
Galmeiveilchen 125

Seite

Garreau 194, 261, 263
Gärtner 359, 394
Gasparini 194
Gefässartige Zellen 57
Gefässbündel 215
Gefässbündelsystem 224
Gefässe 83
Gefässpflanzen 54
Gehemmte Zellbildung 55
Geisel 84
Géléznoff 380
Gemmae 376
Gemmlae 378
Generationsfolge 378
Generationstheilung 378
Generationswechsel 378
Gentiana 392
Gerbsäure 121
Gerste 126
Gesneraceen 210, 392
Getüpfelte Zellen 73
Gewächs 377
Gilia 77, 148
Gipfeldürre 445
Gladiolus 114, 187
Glandulae 209
Glasmicrometer 5
Glechoma hederacea 378
Gleditschia triacanthos 415
Gloeocapsa opaca 86
Gloeocystis versicolor 58, 140
Glycyrrhiza echinata 119
» glabra 44, 119
Glyptostrobus heterophyllus 442
Goldfusia anisophylla 417

Seite
Gomphonema 80
Gonidien 426
Gonium pectorale 285
Göppert 109, 280, 367, 401, 402, 417, 437
Gorteria ringens 405
Gradiolet 268, 347
Graf R. 359
Grevillea oleoides 189
Griesebach 436
Griffelcanal 389
Griffith 308
Griffithia equisetif. 76
Grischow 341
Guajacum 366
Guettard J. H. 188, 378
Gümbel 427
Gummi 118, 203, 359, 360, 430
» ammoniacum 207
» galbanum 207
Gummi-Gänge 205, 208, 360
Gummigutt 163
Gummi-Harze 205, 207, 355
Gutta Percha 163
Gymnocladus 174, 442
Gymnospermeen 220, 235, 384

H.

Haare 186
Haarröhrchenwirkung 85
Haemaethus punicens 111
Haemodoraceen 213
Hafer 344, 401
Hagenow 7

Seite
Hakea 189, 190
Halbmondförmige Zellen 59, 191
Hales St. 329
Halimeda 369
Hall C. v. 327
Hälter 3
Hanf 63, 66
Hanstein 221, 243
Haplocalameen 229, 234
Hartig Th. 75, 81, 96, 153, 261, 263, 316, 327, 386, 405, 406, 436
Harting 70, 96, 98
Harzbehälter 205
Harze 187, 205, 207, 353, 363, 366, 370
Harzgänge 205
Haube 383
Häutchen 185
Hautschichte 389
Hechtia 75
Hedwig 378
Hefezellen 136
Helenium 117, 313
Helianthus tuberos. 117
» annuus 334, 335, 405
Heliotropium europaeum 428
Hemmungsbildung 219
Hernandia ovigera 174
Herosiphonia 295
Hibiscus Trionum 391
Hibriditas 392
Hieracium 392
Himbeere 103
Hippuris vulgaris 60, 199, 346
Hof 152
Hoffmann H. 208, 315, 316, 321, 418

Seite
Hoffmeister W. 84, 387, 137, 230
Hollundermark 66
Holzstoff 89
Holztheil 219
Honigthau 362
Hoya carnosa 61, 63, 72, 73, 160, 185
Hruschauer 303
Hubert 404
Hüllmembran 69, 80 140
Hüllschichte 82
Hülsenfrüchte 122
Humulus Lupulus 123
Humus 297, 298, 299, 352
Hyacinthus orient. 192, 261, 309, 318
Hydrocharis m. r. 274
Hydrodictyon 374
Hydrolaceen 188
Hydrophylleen 210
Hymeneen 222
Hyoscyamus niger 187, 401
Hypericineen 162
Hypericum balcaric. 212
Hystiologie 2

I.

Impatiens Balsamina 148, 166, 170
» noli tangere 358
Incrementum 435
Incrust. Stoff 88
Indigo 110
Indigofera 110
Infusorien 408
Inhaltsportion 133
Injectionspumpe 8
Innenrinde 241
Innovation 378

Seite
Intercellulargänge 196, 199, 205
Intercellularsubstanz 178
Interfoliartheil 439
Internodien 434
Intussusception 94, 271
Inula Helenium 117, 392
Inulin 117
Ipomopsis 77
Irideen 123, 191, 213
Iris pallida 58, 59, 123, 191
Isatis tinctoria 110, 335
Isoëteen 227, 240, 384
Isonandra gutta 163
Itzigsonn 387

J.

Jahresringe 438
Juglans regia 279, 361
Juncus conglomeratus 144, 199, 201
Jungermannia hyalina 274
» pusilla 274
» Taylori 72

K.

Karsten H. 81, 82, 105, 128
Kautschuk 163
Kegelförmige Zelle 58
Keilförmige Zelle 63
Keimbläschen 385, 388
Kern 131, 390
Kernbläschen 104, 121, 255, 272
Kernkörperchen 104
Kieselpanzer 84
Kieselsäure 85

Seite
Kippist J. 38
Kirschgummi 208
Kleesäure 121
Klotzsch 394
Knight 433
Knollen 378
Knop W. u. Ad. 202, 348
Knospen 374, 376, 378,
Knospung 396, 372
Kohlehydrate 120
Kohlensäure 121
Köhlreiter 391
Kölliker A. 53
Körner 51, 187
Kork 239, 242
Korkklemme 3
Krapp 110
Kreisrundscheibenförmige Zelle 57, 59
Kreuzung 392
Krümmelzucker 119
Krystalle 123
Krystallisationsprozess 255, 257
Kügelchen 109
Kugelförmige Zelle 58, 64
Kützing 81, 82, 84

L.

Labiatae 77, 120, 210
Lactucarium 163
Lactuca sativa 370
» virosa 163, 370
Lacunae aëreae 200
Lagerkeime 374, 375
Laminaria sacchar. 119
Lampe 8
Langgestreckte Zelle 56, 65
Langlois 318, 324

Seite
Larix europaea 119
Latex 369, 370
Lathraea squamaria 113, 304, 305, 308
Lavendel 120
Lebenserscheinungen 249, 254
Lebenskraft 249, 251, 427
Lebermoose 227
Legumin 122
Leguminosen 204, 212, 366
Leimgewebe 142, 148
Lein 428
Lejeune 125
Lemanea 295
Lemna 216, 227
Leontodon 117
Lepidodendron 228, 169
Leszczyc-Suminski 386
Leucadendron decorum 190, 194
Leucophaneen 78
Leukart 68, 254
Leveillé 386
Léwy 303
Liebig J. 299, 318, 337, 352, 363
Lignin 88
Lignirose 88
Lignone 88
Lignose 88
Liliaceen 123, 213
Lilium bulbiferum 405
» candidum 378
» chalcedonicum 405
Limnocharis Humb. 114
Linde 175
Link H. 164, 195 316

Seite

Linum 119, 313
Linum flavum 66
» usitatissimum 66
Literatur 10
Lithospermum 89
Lithostylidium 90
Lobeliaceen 162
Locomotion 408
Lonicera alpigena 111
Loranthus 304
Luftcanäle 197
Luftgänge 200
Lufthöhlen 197
Luftlücken 200
Luftwurzeln 195
Lunularia 278, 375
Lupinus 415
Luzerne 344
Lychnis viscaria 214, 367, 368
Lycopodiaceen 173, 228, 278, 384
Lycopodium clavatum 173
Lysimachia vulgaris 210
Lysogonium taenioides 409
Lythrum salicaria 347

M.

Macaire-Princip 314
Maceration 161, 179, 215
Maclura aurantiaca 160
» tinctoria 86
Magnetnadel 389
Magnolia fuscata 210
Mahonia 417, 419
Malaxis paludosa 378
Malpighi M. 188
Mamillarien 169, 208
Manit 19

Seite

Mannaesche 119, 362
Mannazucker 119, 120
Marantha bicolor 112
Marchantia polym. 76, 189, 192, 194, 375
Marchantieen 376
Markkörper 243
Markstrahlen 234, 241
Martius v. 405
Martynia 78, 417
Mays 312, 401
Maysbrand 129
Medicago sativa 417, 443
Megaclinium falcatum 414, 416, 419, 420
Mekkabalsam 207
Melissa 211
Melocacten 169
Membranstoff 87
Meneghini 233
Mentha 211
» aquatica 347
» silvestris 63, 141, 146
Mercurialis 110, 311
Merenchyma 142, 143, 200
Mesembryanthemum 210, 367
» noctiflorum 416
Mesophyll 179
Mespilus Cotoneaster 401
Messinstrumente 5
Mettenius 286, 386
Meyen J. 124, 130, 131, 162, 188, 194, 215
Meyer E. 436
Micrasterias truncata 59, 374
Micromega 80
Micropyle 390

Seite

Milchsaft 370, 371, 405
Milchsaftgänge 208, 224, 329, 359
Milchsaftgefässe 155, 157, 224
Milde 406
Mimosa asperata 417
» casta 417
» dormiens 417
» humilis 417
» pernambuca 417
» pigra 417
» prostrata 417
» pudica 410, 414, 416, 417, 420
» quadrivalvis 417
» sensitiva 414, 417
Mimulus Lewesii 417, 419
Mirabilis Jalappa 390, 441
Mirbel Br. 194, 324, 329, 386
Mischling 392
Mistel 306
Mitscherlich 266
Mittelschlag 393
Mitten W. 308
Miquel 418
Mnium punctatum 406
Mohl H. v. 70, 75, 76, 78, 81, 82, 80, 96, 100, 109, 137, 153, 164, 169, 172, 174, 176, 186, 194, 230, 232, 243, 279, 314, 326, 327, 370, 371, 386, 417, 424, 440
Mohn 163
Mohrrübe 119
Molekularkraft 250, 251

Seite

Monocotyledonen 175, 220, 226, 234
Moose 227, 376, 383, 441
Moreen 123, 162
Morphin 269
Morren Ch. 380, 418
Morus 123, 361
Mougeotia 380
Mulder 70, 88, 89, 90, 96, 98, 109, 117, 118, 119
Mule 393
Mumien 438
Münter J. 114, 115, 117, 378, 436
Musaceen 123, 124, 162, 213
Musa coccinea 390
» sapientum 159, 162, 170, 199
Mutterzelle 130
Mycophyceen 408
Myoporum tuberculatum 213
Myrica 367
Myriophyllum 199, 346
Myristiceen 162
Myroxylon 366
Myrrhe 207
Myrtaceen 121

N.

Nachenförmige Zelle 59
Nachet 4
Nägeli C. 54, 76, 79, 84, 95, 105, 109, 115, 130, 137, 141, 179, 180, 194, 258, 286, 295, 386, 387, 394, 434, 436
Najadeen 227, 266
Najas 75, 274

Seite

Narcyssus Jonquilla 192
Naudin 378
Nees v. Esenbeck 406
Nepentes 214, 358
Nerium Oleander 191
Netzfaserzellen 73, 168
Netzgefässe 167, 171
Neubildung 94
Neuffer 402
Nicotiana 392
Nierenförmige Zellen 58
Nikel 124
Nitella 66, 107, 108 274
Nobert 4
Noeggerath 406
Nostoceae 80
Nostoc. verrucosum 409, 410
Nucleus 390
Nullipora 369
Nuphar luteum 356
Nyctagineen 234
Nymphaea advena 61
» alba 72, 75, 148, 235
Nymphaeaceen 199

O.

Oberhäuser 4
Oberhaut 182
Octoblepharum album 78
Ocymum 77, 148
Oedogonium 76, 272, 293
» vesicatum 83
Oel 112, 120, 121, 205, 353, 363, 370, 390
Oelgänge 205, 207
Oenothera muricata 280
» macrocarpa 405
Oidrum Tuckeri 67
Olea europaea 440

Seite

Oleineen 121
Opium 163
Optische Apparate 4
Opuntia vulgaris 347
Orangenbäume 444
Orchideen 118
Orchis Morio 391
» militaris 280
Ornithogal. pyram. 378
» thyrsoides 261
Orobanche 304, 305, 308
Ortigosa 112
Oscillarien 408, 409
Oxalis acetosella 417
» carnosa 417
» corniculata 417
» Deppei 417
» purpurea 417
» stricta 417
Oxypinotansäure 355

P.

Paeonia officinalis 112, 430
Palmellaceen 80, 373, 380
Palmella hialina 67
Palmen 121, 443
Panicum italicum 114
» miliaceum 114
Panzerhaut 89
Papaveracae 121, 162
Papaver orientale 163
Papillen 186, 187, 389
Papulae 187
Parasiten 304, 305, 306
Parenchyma 142, 145
Parietaria judaica 417
» officinalis 361
Parnassia palustris 417
Parnell 117

Seite

Passiflora laciniata 110
» suberosa 110, 143
Pathologie 128
Payen 87, 88, 90, 114, 115,116,124,361,369
Payer 424
Pectose 89, 119
Pediastrum Selenaea 59, 139
Pedicularis silvat. 79
Pelargonium 340, 410
Pelargonsäure 121
Peltigera venosa 149
Periderma 147, 242
Perottet 325
Persoonia myrtilloides 190
Pflanzenalbumin 122
Pflanzencaseïn 122
Pflanzenfibrin 122
Pflanzengallerte 119
Pflanzenleim 122
Pflanzenschlaf 416
Pflanzenschleim 118
Pflanzenuhr 416
Phaeoretin 206, 366
Phallusia mamilaris 180
Phycastrum 60, 374
Phycoseris gigant. 83
Phyllotaxis 439
Physikal. Apparat 8
Physiol. Herbarium 9
Phytocrene 316
Phytolacca 309, 315, 321, 405
Phytolitharia 90
Phytotomia 1
Pigment 111
Pilea 361
Pili 187
Pimentöl 121

Seite

Pineau J. 387
Pinotansäure 355
Pinus 366, 390
Pinus abies 152, 205
» austriaca 305
» Cedrus 444
» cembra 205, 354
» genevensis 347
Piperaceen 234
Piper blandum 234
Pistacia 366
Pistia texensis 200
Pistille 393
Pistor 4
Pitoyin 122
Plasma 255
Platanus 174
Plattgedrückte Zellen 56
Plectranthus fruticos. 211, 212
Pleurenchyma 148
Pleurothalis 194
Plössl 2, 4, 6,
Plumeria alba 159
Podosphema 80
Podostemmeen 216, 227
Polarisationsinstrument 4, 5
Polianthes tuberosa 403, 405
Pollen 385,390,389,391, 393
Pollenhaut 91
Polyëdrische Zelle 62, 64
Polygonatum 443
Polygoneen 123, 204
Polygonum Fagopyr. 313
» persicaria 311
» tinctor. 110
Polysiphonia compl. 76, 295

Seite

Polythalamien 282
Pomaceae 77
Populus 174
» dilatata 340
Poren 78
Porenzellen 189, 191
Portulacca 378
Portulaceen 210
Potamogeton natans 193, 199, 216, 346
» lucens 261
Potentilla 392
Präparatensammlung 9
Präparirloupe 4
Präparirnadeln 2
Presl 418
Primäre Zellwand 69
Primitivfasern 75
Primordialschlauch 69, 81, 103, 131, 135, 255, 389
Primula 367
Primulaceen 392, 210
Pringsheim N. 75, 82, 137, 379, 389
Prismatische Zellen 62
Proëmbryo 376, 383, 427
Prolifera Candolii 83
» rivularis 83
Prosenchyma 142
Protea 189, 190
Proteïn 122,312,351,430
Prothallus 108,383,427, 432
Protococcaceen 374
Protoplasma 102, 104, 115,121,131,255,256
Prunus 367
» armeniaca 81
» avium 360, 440
Pterostylis 416

Seite
Ptychode 81, 153
Pulemoniaceen 77, 210
Pulemonium 77, 148
Punctirte Zellen 73
Purkinje 409
Pyramidale Zellen 62
Pyrus 174

Q.

Quassiin 120
Quetschinstrumente 3

R.

Rafflesia 304
Rainey 316
Ralfs 280, 379
Ramalina fastigiata 117
» fraxinea 117
Raspail 116
Reichert 258, 386
Reisseck 115, 130
Reseda odorata 441
Rhabarberharz 206
Rhaphiden 123
Rheum 124, 205
» undulatum 206,366
Rhinanthaceen 305,308
Rhipidophora 80
Rhizocarpeen 384, 385
Rhizome 441
Rhizomorpha subterranea 403, 405, 406
Rhus Cotinus 440
» typhinum 208
Riccieen 376
Richardia aethiop. 358
Ricinus 357, 441
Rindenhaut 242
Ringfasern 168
Ringfaserzellen 73

Seite
Ringgefässe 100, 167, 219, 176
Rohrzucker 119
Rominger 316
Rosa 430
Rosaceen 212
Rosmarinöl 120
Rotation 274
Rüben 111, 119
Rubiaceen 122
Rubia tinctorum 110
Rubichlorsäure 355
Rubitansäure 355
Rubus Idaeus 103, 428
Rückschläge 393
Ruderwerkzeuge 407
Ruellia 77
Runkelrübe 119,312,318
Ruta graveolens 213

S.

Saccharomyces cerevisiae 136
» pomorum 128
Sackpfeifenf. Zelle 59
Saftbehälter 204
Saftbewegung 102
Saftgänge 204
Sagittaria sagittif. 274
Sagopenum 207
Salicineen 392
Salicin 120
Salix 392, 442
Salpen 180
Salvia 77, 148
Sambucus Ebulus 162
» nigra 174, 261
Samenfaden 82,285,408
Samenknospe 426
Sanguinaria canadensis 144, 159

Seite
Sanseviera guineensis 73
Santonin 120
Saponaria 118
Sarcode 254, 255, 282
Sargassum antarcticum 357
» pyriferum 357
Sarracenia 214
» purpurea 358
Satureya hortensis 311
Saussure Th. 311,341, 347, 403
Saxifraga 214,369,392
Scabiosa arvensis 313
Scenedesmus acutus 58, 139
Schacht 79, 130, 164, 387
Schachtelhalme 441,383
Schaffhausen H. 394
Scheidewand 134
Schiek 4
Schimper W. 376
Schistostega osmund. 406
Schizonema 80
Schlafen 407, 341
Schläge 393
Schlauchförm. Zelle 59
Schleiden J. M. 38, 91, 93, 100, 115, 124, 169, 183, 194, 258, 360, 386
Schleim 390, 427
Schleimbläschen 132
Schleimhülle 82
Schleimkörner 106
Schleimzucker 119
Schmidt 124, 359
Schneidemaschine 2
Schnürler 316

	Seite
Schrank F.	188
Schraubenmikrometer	5
Schübler	402
Schülfern	188
Schultze M. S.	282
Schulz C. H.	164
Schuppen	186, 188, 214
Schwammgewebe	143, 201
Schwan Th.	53, 258
Schwärmfaden	32, 382, 383 408
Schwärmzellen	82, 132, 285, 382, 388
Scilla patula	261
» maritima	378, 410
Scirpus	201
Scitamineen	124
Scorzonera hispan.	61, 161, 164, 166
Scrophularineen	210, 392
Secundäre Element.	54
» Zellwand	69
Sedum acre	401
» Telephium	261
» verticillatum	261
Sempervivum tector.	261, 341
Senebier	334
Senecio	77
Senegal	326
Senegin	120
Setae	187
Siebold	84
Sigillaria	169
Sigillarieen	229
Silene nemoralis	214, 367
Simsia rosea	207
Sinnpflanzen	417
Siphonia elastica	163
Sium angustifolium	193

	Seite
Smilacin	120
Smithia sensitiva	417
Solanaceen	392
Solanin	269
Solanum Lycopersicum	311
» tuberosum	114, 341
Solidago arguta	401
Sömmeringscher Sp.	6
Sophora japonica	174
Soredien	375
Sorghum vulgare	114
Spach	386
Spadix	403
Spaltöffnungen	182, 189, 192, 193, 195, 202, 366
Spargel	398
Sparmannia afr.	417, 419
Spatha	403
Spergula arvensis	401, 313
Spermatozoën	286
Spermatozoiden	83, 389
Sphacellaria	278
Sphagnaceen	78
Sphagnum	78, 286
Sphäroidische Zelle	56
Sphenella	80
Spielart	394
Spindelförmige Zelle	57
Spindeln	109
Spiralbildungen	100
Spiralfasern	99, 176
Spiralfaserschichte	99
Spiralfaserzellen	73, 99, 168
Spiralgefässe	164
Spiralschichte	99
Spirillum Oscill.	409
Spirogyra	156, 293, 378, 380

	Seite
Spiroiden	289, 315, 219, 154, 164, 167
Spironema fragrans	307
Spongien	180
Sporangium	384, 132
Spore	381, 383, 384, 385, 426
Sprossen	378
Stacheln	186
Stangenbohne	344
Stärkmehl	111
Staubbeutel	385
Staurastrum orbiculare	136, 374
Staurocarpus	380
Stearin	3
Stellaria media	389
Stellis	194
Sternförmige Zelle	57
Stiebel	409
Stigeoclonium prot.	83
Stigmarieen	229
Stimuli	188
Stomata	182, 189
Strahlige Zelle	59
Stratiotes aloides	274
Strecker	112, 121
Strelizia regina	111
Strömungsfäden	279
Stylidium adnatum	416, 417, 419, 420
» corymbosum	416
» graminifolium	416
Styracineen	366
Styrax	366
Subspecies	394
Symphytum	118
Synanthereen	201, 204, 357, 392, 430

Seite

T.

Tabernaemontana citrifolia 58
Tacamahaca 207
Tafelförmige Zellen 56
Tagetes erecta 405
» patula 405
Tamarindus 415
Tamarix gallica 119
Tamus polycarpus 146, 132, 239, 241
Taraxacum Dens leonis 117
Taxodien 222
Taxodium distichum 444
Taxineen 76
Taxus baccata 77, 175
Tella conductrix 389
Temperatur 396, 427
Terpentinöl 121
Testa 428
Tetraëdrische Zelle 62
Tetraphis pellucida 376
Teysman 404
Thallophyta 221, 432
Theilung 372
Thermometer 398, 402
Thesium 304, 305, 308
Thetium 180
Thuret G. 84, 286, 387, 389, 393, 400
Thwaits 379, 380
Thyllen 137
Thymus serpillum 305
Tilia europ. 147, 340
Tincturen 393
Tochterzellen 131
TonnenförmigeZellen 58
Topinambour 117
Torfmoos 78

Seite

Tradescantia virg. 110, 279, 280
Tragant 119, 149, 351
Transspiration 330, 400
Traubenzucker 119
Trecul 327
Treppengänge 167, 172
Treviranus 274, 359
Tripsacum dactyl. 105
Triticum sativum 313
» turgidum 428
» vulgare 428
Tropeolum 358
» majus 405
» minus 405
Tubus pollinarius 389
Tulasne 129, 130, 387
Tüpfelcanäle 73, 96, 137, 151, 152
Tüpfelhof 97, 152, 173
Tüpfelmembran 77
Tüpfelschichten 76
Turgescenz 412, 413, 420
Turionen 398
Turpin 378
Tyndaridea 380

U.

Ulotrix muscosa 83
» rorida 83
Ulva bullosa 83
Umbelliferen 187, 201, 204, 207, 357
Umsprosser 226, 230, 231, 239, 321
Unfruchtbarkeit 396
Ungenannter 137, 164
Unger F. 78, 84, 124, 127, 130, 137, 178, 194, 203, 215, 221,

Seite

230, 233, 236, 268, 284, 286, 303, 308, 309, 310, 327, 336, 342, 348, 363, 395, 409, 436, 439
Uredo segetum 67
Urtica baccifera 279
» dioica 66, 123
» nivea 361
» urens 188
Urticaceen 123, 188, 361
Urzeugung 105
Ustillago Maydis 129
Utricularien 213
Utriculus primordialis 81

V.

Vacuolen 254
Vaginula 383
Valeriana Phu 105, 335
Vallisneria spiralis 116, 274, 277, 282, 284
Variatio 394
Varietas 394
Vasa lactea 157
» propria 217
Vaucheria 66
» sessilis 389, 156
» Ungeri 83, 408
Vaucheriaceen 373
Velamen radicum 182, 194
Veratrin 269
Verbascum 392
Verdickung 94
Verdickungsschichte 71
Verholzungsschichte 71
Veronica 428
Verrucae 188
Verschmelzung 53
Versetzung 434

	Seite
Verzweigte Zelle	57
Vibrionien	408
Viburnum Lantana	58, 76, 167
» Tinus	214, 340, 362
Vicia Faba	311
Victoria regia	193
Ville G.	342
Vinca major	75
» minor	347
Viola calaminaria	125
Viscum album 72,	304
Vitis vinifera	335
Vogel	340
Vogelpflaume	175
Völker	358
Volvox globator	385
Vriese	403, 404
Vrolík	403, 404

W.

	Seite
Wachholderöl	121
Wachs	108, 112, 121, 163, 353, 355, 367, 370
Wachsen	407, 413
Wachspalme	367
Wall	191
Wallroth	394
Wandständige Zelle	140
Wartmann B.	295
Wärzchen	186, 213
Warzen	186, 188
Wassernetz	374
Wasserpilze	408
Weddel H. A.	361
Weihrauch	207
Weinrebe	318, 337
Weinsäure	121
Welschkorn	428
Welser E.	314
Wichura	285, 394, 408
Wiegmann	394
Wigand A.	180, 186, 387
Will	124, 306
Wimpern	84, 407
Wittwer	340
Wollaston	7
Woodward	334
Wulst	421
Wulstparenchym	421
Wurzelhülle	182, 194
Wurzelschwämmchen	306

X.

	Seite
Xanthophyll	111, 440
Xylogen	89

Z.

	Seite
Zea Mays	114, 129, 428
» microcarpa	112
» praecox	112, 115
Zellcolonie	53
Zelle	51
Zellfamilie	53
Zellfusion	53
Zellgewebe	142
Zellkern	102, 104
Zellpflanzen	54
Zellsaft	102, 258
Zellschlauch	116
Zellstoff	87
Zeichenprisma	6
Zeichnungsapparat	6
Zink	126
Zucker	113, 118, 119, 312, 362, 430
Zuckerahorn	319
Zuckerrohr	119
Zweihörnige Zelle	59
Zwergbohnen	344
Zwiebeln	378
Zygnema	180, 380
Zygnemaceen	80
Zygophylleen	366

Verbesserungen.

Seite	4	Zeile	20	statt	Natchez	lies: Nachet
»	4	»	31	»	Brügge	» Brücke
»	58	»	3	»	Glaeocystis	» Gloeocystis
»	59	»	40	»	Micasterias	» Micrasterias
»	60	»	31	»	Pycastrum	» Phycastrum
»	112	in den Figuren		statt	a, b, c, d,	setze: a, b, d, c
»	122	Zeile	32	statt	Rubiacen	lies: Rubiaceen
»	122	»	34	»	Chiooccin	» Chiococcin
»	127	»	25	»	paleontolog.	» palaeontolog.
»	139	»	33	»	noch nicht beobachtet	» durch Pringsheim beobachtet
»	154	»	27	»	das	» die
»	163	»	11	»	c	» d
»	163	»	29	»	das Euphorbium	» der Euphorbia
»	165	»	9	»	58	» 57
»	182	»	29	»	Wurzelscheide	» Wurzelhülle
»	224	»	13	»	Dycotyledonen	» Dicotyledonen

Druck und Papier von Leopold Sommer in Wien.

F. X. BEE
kgl. Hofbuchbi
in
MÜNCHE
Ledererga∫se

BSB Bayerische StaatsBibliothek

MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Unger, Franz

Anatomie und Physiologie der Pflanzen Mit 139 in d. Text eingedr. Holzschnitten

Leipzig 1855

Phyt. 741 sh
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10303753-7